

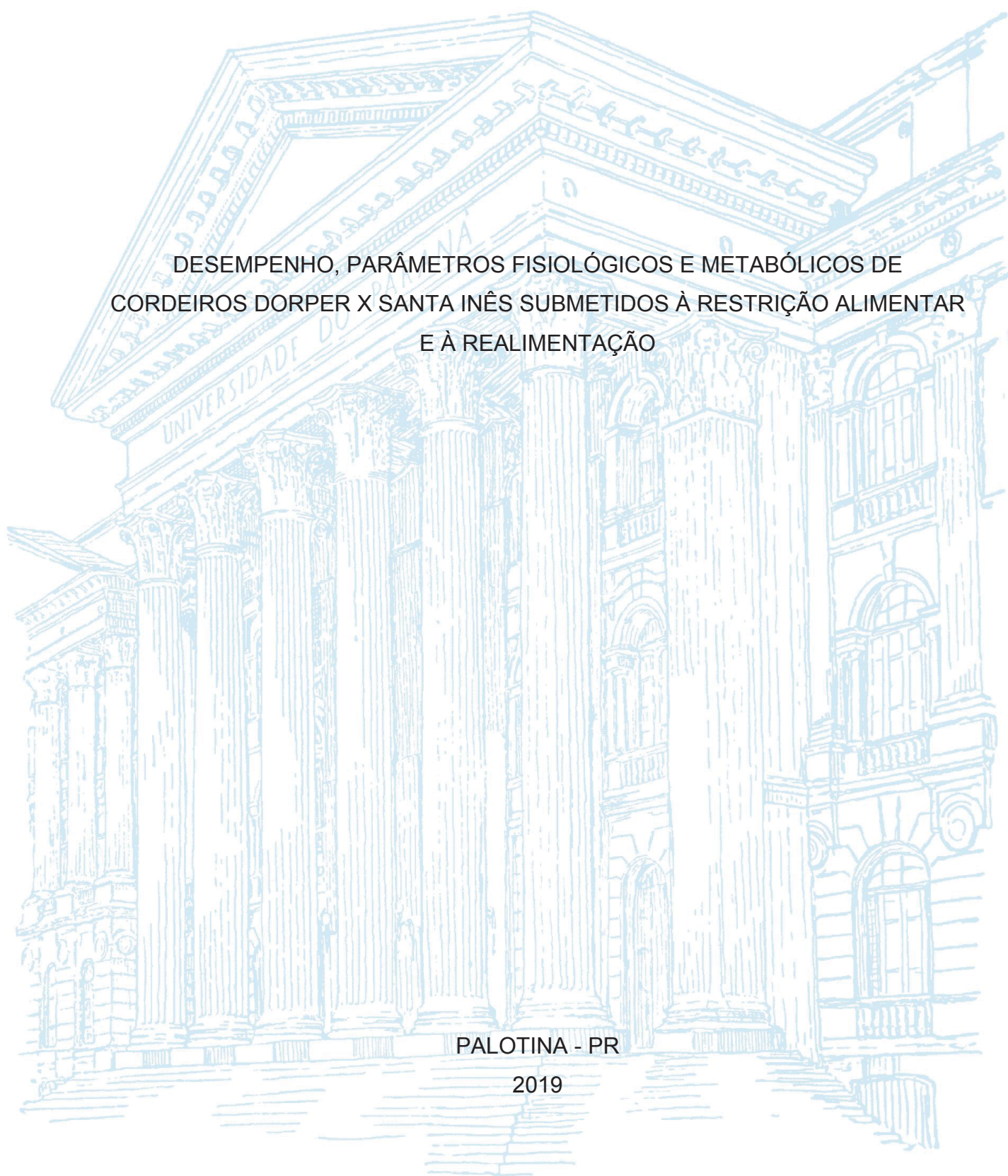
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANGELICA BONAFEDE MARTINS TEIXEIRA

DESEMPENHO, PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E METABÓLICOS DE  
CORDEIROS DORPER X SANTA INÊS SUBMETIDOS À RESTRIÇÃO ALIMENTAR  
E À REALIMENTAÇÃO

PALOTINA - PR

2019



ANGELICA BONAFEDE MARTINS TEIXEIRA

DESEMPENHO, PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E METABÓLICOS DE  
CORDEIROS DORPER X SANTA INÊS SUBMETIDOS À RESTRIÇÃO ALIMENTAR  
E À REALIMENTAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, área de concentração em Produção Animal, linha de pesquisa em Nutrição, Manejo Animal e Forragicultura, Setor de Palotina, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. José Antônio de Freitas

PALOTINA - PR

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

T266      Teixeira, Angelica Bonafede Martins  
Desempenho, parâmetros fisiológicos e metabólicos de cordeiros Dorper x Santa Inês submetidos à restrição alimentar e à realimentação / Angelica Bonafede Martins Teixeira – Palotina, 2019.  
87f.

Orientador: José Antônio de Freitas  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal.

1. Energia metabolizável. 2. Ganho compensatório. 3. Manutenção. 4. Realimentação. 5. Restrição alimentar. I. Freitas, José Antonio de. II. Universidade Federal do Paraná. III. Título.

CDU 631.2

Ficha catalográfica elaborada por Liliane Cristina Soares Sousa – CRB 9/1736



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR SETOR PALOTINA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIA ANIMAL -  
40001016077P6

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIA ANIMAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **ANGELICA BONAFEDE MARTINS TEIXEIRA** intitulada: **Desempenho, parâmetros fisiológicos e metabólicos de cordeiros Dorper X Santa Inês submetidos à restrição alimentar e à realimentação**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

PALOTINA, 21 de Março de 2019.

  
JOSÉ ANTÔNIO DE FREITAS

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

  
WILLIAN GONÇALVES DO NASCIMENTO

Avaliador Externo (UFPR)

  
SÉRGIO RODRIGO FERNANDES

Avaliador Externo (UFPR)

Dedico a minha mãe,  
Silvia Cristina Bonafede Martins (*in memoriam*).  
E a todos que estiveram comigo durante esta caminhada.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a DEUS pelo dom da vida e pelas bênçãos e proteção durante a minha caminhada, pois se estas páginas estão escritas foi graças a ele que me ajudou a superar meus desafios.

A toda a minha família que me apoiou em dar continuidade em meus estudos, especialmente a minha mãe Silvia Bonafede (*in memoriam*), pois me fez prometer que continuaria os estudos.

Ao meu marido Danilo Junior Teixeira, que sempre esteve ao meu lado nas minhas angústias diárias com seu ombro amigo e suas doces palavras, sem medir esforços para que meu sonho se tornasse realidade. A ele todo o meu afeto, carinho e gratidão.

Ao meu orientador Prof. Drº José Antônio de Freitas, agradeço imensamente por toda a paciência, ensinamentos, parceria, conversas e amizade durante o mestrado.

Ao pós doutorando Sergio Rodrigo Fernandes, por toda ajuda, paciência e disposição para contribuir com meu trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação, Américo, Alexandre, Luciano, por todos os ensinamentos.

Aos meus amigos do mestrado, Jonathan, Alexandre, Ricardo, Felipe, Eduardo, Monique, Thaís, Maryeni, Cristina, Angélica, por toda a amizade.

A Jessica Fernanda Sinotti, minha amiga de longa data, desde a faculdade, por toda a parceria, amizade e conselhos.

Ao Ciro Bittencourt pela sua grandiosa ajuda na condução do meu experimento.

A minha amiga Jéssica Kruger, Fabiana e Thiara, que me incentivaram a fazer o mestrado.

A Flaviane, minha amiga e professora de Inglês, agradeço pela sua amizade, pelas aulas de inglês e auxílio nos meus trabalhos acadêmicos.

Ao Prof. Carlos, que me ensinou inglês e me incentivou muito durante o mestrado.

Aos alunos de Iniciação Científica, Mariana, Cíntia, Mateus e Larissa pelo companheirismo e amizade durante o experimento.



Ao técnico Pedro do Laboratório Clínico pelo empréstimo do laboratório clínico e pelas análises.

Ao Cirineu, funcionário do CEPER (Centro de Pesquisas e Estudos de Pequenos Ruminantes), pelo auxílio prestado.

Aos animais, pois sem eles o experimento não seria possível.

A Universidade Federal do Paraná, que me proporcionou a oportunidade de uma excelente pós-graduação, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal.

Agradeço a CAPES pela concessão da bolsa de estudos durante o segundo ano de mestrado.

O presente trabalho foi parcialmente realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

*Comece fazendo o que é necessário, depois o que é possível, e de repente  
você estará fazendo o impossível. (São Francisco de Assis).*



## **BIOGRAFIA DA AUTORA**

Angelica Bonafede Martins Teixeira, filha de Silvia Cristina Bonafede Martins e Carlos Roberto Martins, nasceu em Assis Chateaubriand, Paraná, no dia 19 de outubro de 1992.

Em 2009 concluiu o ensino médio no Colégio Estadual Chateaubriandense em Assis Chateaubriand – Paraná. Em fevereiro de 2011 ingressou no Curso de Medicina Veterinária da Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, Paraná.

Durante a graduação realizou estágios no Laboratório de Anatomia Animal, Laboratório de Patologia Clínica e Setor de Grandes Animais. Foi monitora das disciplinas de Melhoramento Genético Animal e Epidemiologia Veterinária. Realizou estágio extracurricular com Clínica Médica e Cirúrgica de Ruminantes.

Em fevereiro de 2016 concluiu a graduação em Medicina Veterinária.

Em março de 2017 iniciou o mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, Paraná.

No dia 21 de março de 2019 submeteu-se à banca examinadora para defesa da Dissertação de Mestrado.

## RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar o desempenho, parâmetros metabólicos e fisiológicos de cordeiros confinados e alimentados com diferentes níveis de consumo de energia metabolizável na dieta. Foram utilizados 24 cordeiros machos não castrados, mestiços Dorper x Santa Inês, com quatro meses e  $20,4 \pm 4$  kg de peso inicial. A pesquisa foi dividida em duas fases, onde a primeira foi caracterizada por três níveis de consumo correspondentes a 1,0; 1,75 e 2,5 vezes (*ad libitum*) o consumo de energia metabolizável de manutenção (CEMm) de acordo com o NRC (2007). A primeira fase da pesquisa (fase de restrição alimentar) teve duração de 79 dias, incluindo o período de adaptação. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com três tratamentos e oito repetições. Na segunda fase, os animais que receberam alimentação restrita na fase anterior, foram realimentados durante 42 dias, em confinamento. Nas duas fases da pesquisa as dietas experimentais foram compostas por 40% de feno de Tifton 85 (*Cynodon* sp.) e 60% de concentrado com base na matéria seca (MS). A dieta continha  $157 \text{ g kg}^{-1}$  e  $2,34 \text{ Mcal Kg}^{-1}$  de proteína bruta (PB) e de energia metabolizável, respectivamente. Na primeira fase não foi verificado efeito de tratamento ( $p > 0,05$ ) para níveis de albumina, obtendo-se média de  $3,75 \text{ g dL}^{-1}$ . Verificou-se efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) para creatinina a qual reduziu de 1,36 para 1,16 ( $\text{mg dL}^{-1}$ ), nos tratamentos 1,0 e 2,5 de CEMm. Entre os níveis de 1,0 e 2,5 vezes o CEMm, a concentração de creatinina apresentou redução linear ( $p < 0,05$ ) (1,36 para 1,16  $\text{mg dL}^{-1}$ ). Para ureia e glicose foram verificados ( $p < 0,05$ ) efeito linear crescente de modo que, nos tratamentos 1; 1,75 e 2,5 de CEMm verificou-se valores de 36,1; 39,70; 45,71 e 73,23; 76,20; 80,96  $\text{mg dL}^{-1}$ , respectivamente. As variáveis peso corporal final, CMS, CPB, CFDN, CNDT e GMD apresentaram ( $p < 0,05$ ) efeito de tratamento. O tratamento 2,5 CEMm teve o maior GMD ( $0,239 \text{ kg d}^{-1}$ ). Houve efeito ( $p < 0,05$ ) quadrático para a conversão alimentar em função do CEMm. A melhor conversão foi verificada para o nível 1,0 em relação ao nível 2,5 CEMm (9,48 vs. 4,92), respectivamente. Foram verificados efeito ( $p < 0,05$ ) de tratamento sobre os parâmetros fisiológicos. Para os tratamentos 1; 1,75 e 2,5 CEMm as médias para FR, FC e TR foram respectivamente de 43; 59; 66 movimentos  $\text{min}^{-1}$ ; 85; 96; 103 batimentos  $\text{min}^{-1}$  e 38,5; 38,8; 38,9°C. Na segunda fase da pesquisa não se verificou efeito ( $P > 0,05$ ) de tratamento para concentrações de albumina e glicose. Por outro lado, verificou-se efeito ( $p < 0,05$ ) para creatinina, sendo superior para os tratamentos 1,0 e 2,5 CEMm (1,24 e 1,22  $\text{mg dL}^{-1}$ ), respectivamente. Verificou-se ( $p < 0,05$ ) efeito de tratamento para níveis séricos de ureia o qual foi superior (46,47  $\text{mg dL}^{-1}$ ), no tratamento 2,5. Com relação aos parâmetros fisiológicos verificou-se ( $p < 0,05$ ) maiores valores para FR nos níveis 1,0 e 1,75 (97 e 94 movimentos  $\text{minuto}^{-1}$ ), respectivamente. Para os níveis prévios de alimentação de 1,0 e 1,75 vezes, verificou-se ( $p < 0,05$ ) maior GMD comparado ao nível prévio “*ad libitum*” (319,9 vs. 238  $\text{g dia}^{-1}$ ), respectivamente. Animais que passam por período de restrição alimentar podem ser uma boa alternativa no confinamento pois apresentam melhor desempenho em função destes apresentarem ganho compensatório.

Palavras-chave: Energia metabolizável. Ganho compensatório. Manutenção. Realimentação. Restrição alimentar.

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the performance, metabolic and physiological parameters of lambs confined and fed with different levels of energy intake in the diet. Twenty-four male, uncastrated lambs, crossbred Dorper x Santa Inês, with four months and  $20.4 \pm 4$  kg of initial weight were used. The research was divided into two phases. The first phase was characterized by three levels of energy intake corresponding to 1.0; 1.75 and 2.5 times the intake of metabolizable energy for maintenance (IMEM), according to the recommendations of NRC (2007). The first phase of the research (feed restriction phase) had 79 days of duration, including the adaptation period. The experimental design was completely randomized (DIC), with three treatments and eight replicates. In the second phase the animals that received restricted feeding in the previous phase, were fed for 42 days in confinement. On both phases of the research the experimental diets were composed of 40% of Tifton 85 hay (*Cynodon* sp.) and 60% concentrate based on dry matter (DM). The diet composition contained  $157 \text{ g kg}^{-1}$  and  $2.34 \text{ Mcal kg}^{-1}$  of crude protein (CP) and metabolizable energy, respectively. In the first phase, there was no treatment effect ( $p > 0.05$ ) for albumin, with mean of  $3.75 \text{ g dL}^{-1}$ . There was a decreasing linear effect for creatinine ( $\text{mg dL}^{-1}$ ) which presented values of 1.36 to 1.16 in treatments 1.0 and 2.5 of metabolic energy intake (IMEM). In the levels 1.0 and 2.5 of IMEM, creatinine concentration showed ( $p < 0.05$ ) linear reduction (1.36 to  $1.16 \text{ mg dL}^{-1}$ ). For urea and glucose ( $\text{mg dL}^{-1}$ ), there was a linear effect ( $p < 0.05$ ) of with respective means of 36.1; 39.70; 45.71 and 73.23; 76.20; 80.96, in treatments 1; 1.75 and 2.5. The final body weight, dry matter intake (DMI), crude protein intake (CPI), neutral detergent neutral intake (NDFI) and average gaily gain (ADG) variables were affected ( $p < 0.05$ ) by treatment. The level of 2.5 of IMEM, treatment showed the highest ADG ( $0.239 \text{ kg/d}$ ). There was a quadratic effect ( $p < 0.05$ ) for the feed conversion being higher in the maintenance intake level compared to 2.5 level of in IMEM (9.48 vs. 4.92). There was effect ( $p < 0.05$ ) of treatment on the physiological parameters. For treatments 1; 1.75 and 2.5 of IMEM it was verified for respiratory (RF), cardiac frequency (CF) as well as rectal temperature (RT) the respective means of 43; 59; 66 movements  $\text{min}^{-1}$ ; 85; 96; 103 beats  $\text{min}^{-1}$  and 38.5; 38.8;  $38.9^{\circ}\text{C}$ . In the second phase of the research there was no effect ( $p > 0.05$ ) of treatment for albumin and glucose concentrations. On the other hand, there was an effect ( $p < 0.05$ ) for creatinine, being higher for treatments 1.0 and 2.5 of IMEM ( $1.24$  and  $1.22 \text{ mg dL}^{-1}$ ), respectively. There was ( $p < 0.05$ ) effect of treatment for urea levels ( $46.47 \text{ mg dL}^{-1}$ ) at treatment 2.5 of IMEM. The highest values for RF at levels 1.0 and 1.75 (97 and 94  $\text{minute}^{-1}$  movements) were found ( $p < 0.05$ ). For the previous feeding levels of 1.0 and 1.75 IMEM, there was ( $p < 0.05$ ) higher ADG compared to the previous ad libitum level ( $319.9$  vs.  $238 \text{ g day}^{-1}$ ). Animals that go through a period of feed restriction can be a good alternative in the confinement because they present better performance in function of these present compensatory gain.

Keywords: Compensatory gain. Feed restriction. Maintenance. Metabolizable Energy.

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1.	COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS INGREDIENTES UTILIZADOS, DIETA UTILIZADA NO PERÍODO DE ADAPTAÇÃO (50:50) E DIETA EXPERIMENTAL (40:60) .....	43
TABELA 2.	COMPONENTES E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO CONCENTRADO COMERCIAL FORNECIDO EM CONFINAMENTO PARA CORDEIROS NO PERÍODO EXPERIMENTAL.....	44
TABELA 3.	PARÂMETROS BIOQUÍMICOS DE CORDEIROS ALIMENTADOS COM TRÊS NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL PRÉVIOS ...	50
TABELA 4.	MÉDIAS DOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE CORDEIROS ALIMENTADOS COM TRÊS NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL PRÉVIOS .....	53
TABELA 5.	DESEMPENHO DE CORDEIROS ALIMENTADOS COM DIFERENTES NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL PRÉVIOS .....	56
TABELA 6.	COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS INGREDIENTES E DIETA EXPERIMENTAL (40:60) .....	64
TABELA 8.	PARÂMETROS BIOQUÍMICOS DE CORDEIROS ALIMENTADOS COM TRÊS NÍVEIS PRÉVIOS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL .....	71
TABELA 9.	MÉDIAS DOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE CORDEIROS ALIMENTADOS COM TRÊS NÍVEIS PRÉVIOS DE CONSUMO DE ENERGIA METABOLIZÁVEL.....	73
TABELA 10.	DESEMPENHO DE CORDEIROS ALIMENTADOS COM TRÊS NÍVEIS DE CONSUMO DE ENERGIA METABOLIZÁVEL PRÉVIOS .....	75

## LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

AGCC	- Ácido graxo de cadeia curta
AGL	- Ácido graxo livre
AGNE	- Ácido graxo não esterificado
Bpm	- Batimentos por minuto
°C	- Graus Celsius
CA	- Conversão alimentar
Cel	- Celulose
CEMm	- Consumo de Energia Metabolizável para a Manutenção
CEPER	- Centro de Estudo e Pesquisa em Pequenos Ruminantes
CEUA	- Comitê de Ética no Uso de Animais
Cfa	- Clima subtropical úmido
Cm	- Centímetro
CMS	- Consumo de matéria seca
CNF	- Carboidratos não-fibrosos
CONCEUA	- Conselho Nacional de Experimentação Animal
DIC	- Delineamento Inteiramente Casualizado
DP	- Desvio padrão
EE	- Extrato etéreo
EIC	- Espaço intercostal
EM	- Energia metabolizável
EMm	- Energia Metabolizável para a manutenção
FAO	- Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FDA	- Fibra em detergente ácido
FDN	- Fibra em detergente neutro
FC	- Frequência cardíaca
FDN	- Fibra detergente neutra
FR	- Frequência respiratória
Fundo	- Proporção de partículas das sobras menores que 0,8 mm
G	- Gramas
GH	- Hormônio do crescimento
GHRH	- Hormônio liberador de hormônio do crescimento
GHSR	- Receptor secretagogo do hormônio de crescimento

GL	- Grau de liberdade
GMD	- Ganho médio diário
Hcel	- Hemicelulose
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGF-1	- Fator de crescimento
ITU	- Índice de temperatura e umidade
Kd	- Taxa de digestão
Kp	- Taxa de passagem
Kg	- Quilograma
Kcal	- Quilocaloria
Lig	- Lignina
M	- Metro
M <sup>2</sup>	- Metro quadrado
mm	- Milímetros
mpm	- Movimentos por minuto
MS	- Matéria seca
NDT	- Nutrientes digestíveis totais
NRC	- National Research Council
OPG	- Ovos por grama de fezes
PB	- Proteína bruta
PC	- Peso corporal
PDR	- Proteína degradável no rúmen
PNDR	- Proteína não degradável no rúmen
PB	- Proteína bruta
PC	- Peso corporal
RM	- Resíduo Mineral
SPPS	- Separador de Partículas <i>Penn State</i>
TGI	- Trato gastrointestinal
TR	- Temperatura retal
TNF	- Fator de necrose tumoral
UFPR	- Universidade Federal do Paraná
UR	- Umidade relativa do ar
UTM	- Unidade de tamanho metabólico

## LISTA DE SÍMBOLOS

® - Marca registrada



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
1.1	REFERÊNCIAS .....	20
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>22</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	22
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	22
2.3	HIPÓTESES .....	22
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>23</b>
3.1	EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE CORDEIROS CONFINADOS.....	23
3.2	CONSUMO ALIMENTAR E DESEMPENHO PRODUTIVO .....	25
3.3	PARÂMETROS METABÓLICOS.....	28
3.4	PARÂMETROS FISIOLÓGICOS.....	31
3.5	CONFORTO TÉRMICO PARA CORDEIROS NA FASE DE CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO.....	32
3.6	GANHO COMPENSATÓRIO .....	34
<b>4</b>	<b>CAPÍTULO 1 - DESEMPENHO, PARÂMETROS METABÓLICOS E FISIOLÓGICOS DE CORDEIROS MESTIÇOS DORPER X SANTA INÊS SUBMETIDOS À RESTRIÇÃO ALIMENTAR.....</b>	<b>38</b>
4.1	INTRODUÇÃO .....	40
4.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	41
4.2.1	LOCAL DO EXPERIMENTO .....	41
4.2.2	ANIMAIS E MANEJO .....	42
4.2.3	PESAGENS.....	42
4.2.4	DIETA, FORNECIMENTO E SOBRAS.....	43
4.2.5	CRITÉRIOS DE DESEMPENHO, CONSUMO DE MATÉRIA SECA E CONVERSÃO ALIMENTAR .....	45
4.2.6	COLETA DE AMOSTRAS DE SANGUE E ANÁLISES BIOQUÍMICAS ...	45
4.2.7	PARÂMETROS FISIOLÓGICOS.....	46
4.2.8	ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE (ITU) .....	47
4.2.9	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS .....	47
4.2.10	ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	47
4.2.10.1	CORRELAÇÃO CONSUMO X VARIÁVEIS CLIMÁTICAS .....	47
4.2.10.2	METABÓLITOS SANGUÍNEOS .....	48

4.2.10.3	CORRELAÇÃO PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E PERÍODOS DO DIA X VARIÁVEIS CLIMÁTICAS .....	48
4.2.10.4	PARÂMETROS FISIOLÓGICOS X TRATAMENTOS .....	49
4.2.10.5	DESEMPENHO .....	49
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>49</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>58</b>
<b>7</b>	<b>CAPÍTULO 2 – DESEMPENHO, PARÂMETROS METABÓLICOS E FISIOLÓGICOS DE CORDEIROS MESTIÇOS DORPER X SANTA INÊS, SUBMETIDOS À REALIMENTAÇÃO.....</b>	<b>59</b>
7.1	INTRODUÇÃO .....	61
7.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	62
7.2.1	LOCAL DO EXPERIMENTO .....	62
7.2.2	ANIMAIS E MANEJO .....	63
7.2.3	PESAGENS.....	63
7.2.4	DIETA, FORNECIMENTO DE ALIMENTO E SOBRAS .....	64
7.2.5	CRITÉRIOS DE DESEMPENHO, CONSUMO DE MATÉRIA SECA E CONVERSÃO ALIMENTAR .....	66
7.2.6	COLETA DE AMOSTRAS DE SANGUE E ANÁLISES BIOQUÍMICAS ...	66
7.2.7	PARÂMETROS FISIOLÓGICOS.....	67
7.2.8	ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE (ITU) .....	68
7.2.9	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS .....	68
7.2.10	ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	68
7.2.10.1	DADOS DE DESEMPENHO, CONSUMO E CONVERSÃO ALIMENTAR	68
7.2.10.2	METABÓLITOS SANGUÍNEOS .....	69
7.2.10.3	CORRELAÇÃO PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E PERÍODOS DO DIA X VARIÁVEIS CLIMÁTICAS .....	69
7.2.10.4	PARÂMETROS FISIOLÓGICOS X TRATAMENTOS .....	70
7.2.10.5	DESEMPENHO .....	70
<b>8</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>70</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>77</b>
<b>10</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>79</b>
<b>11</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>80</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A população mundial chegará a 9 bilhões de pessoas em 2050, aumentando a demanda por alimentos, principalmente por proteína de origem animal (FAO, 2012). Neste cenário, a produção mundial de carne deverá aumentar para atender a demanda, possibilitando a expansão da ovinocultura de corte, que ainda tem pouca expressão na pecuária brasileira.

O rebanho nacional de ovinos é da ordem de 18,43 milhões de animais, com 63% do efetivo nacional concentrados na região Nordeste e 23,9% na região Sul (IBGE, 2016). No entanto, o Nordeste brasileiro enfrenta grandes desafios, como secas rigorosas, calor, escassez de alimento, oferta de carne ovina sazonal, entre outros. Por outro lado, noutras regiões pode-se expandir a produção de ovinos de corte, pois dispõe de clima favorável, disponibilidade de alimentos e raças de corte bem adaptadas como a raça Dorper.

Dos estabelecimentos de criação de ovinos, 75% possuíam até 50 hectares de tamanho, caracterizando um grande montante de pequenos e médios produtores, demonstrando a importância de renda da ovinocultura para as famílias (IBGE, 2018). Estes dados certamente estão relacionados a fatores favoráveis para a criação de ovinos, como menor espaço destinado a criação comparado aos bovinos, precocidade, prolificidade, além de que também podem ser criados em consorciação com outros rebanhos, como de bovinos, tornando-se uma boa alternativa para acelerar o fluxo de renda das propriedades.

No âmbito nacional, é preciso corrigir uma grande lacuna no sistema produtivo de ovinos, pois a demanda por carne ovina ainda tem sido suprida pela importação do Uruguai o qual corresponde ao maior fornecedor de carne ovina para o Brasil. Nos anos de 2017 e 2018 a importação foi aproximadamente de 4,4 mil toneladas ao custo de 23,5 milhões de dólares (INAC, 2018).

A importação de carne ovina ocorre principalmente pela carência de carne de boa qualidade (cordeiros) no mercado nacional, e esta demanda reprimida está relacionada a fatores como planejamento e econômicos. Deste modo, a produção de carne ovina no Brasil tem ficado em função da sazonalidade de produção de alimentos como no Nordeste e estacionalidade reprodutiva (Sul e Sudeste).

Portanto, torna-se necessário compreender melhores estratégias de produção, formular melhores dietas e tornar os sistemas intensivos mais eficientes,

visando o desempenho a um custo acessível para fortalecer o mercado brasileiro de carne ovina e produzir carcaças de boa qualidade.

Uma boa alternativa para a produção de carne, em curto espaço de tempo é a adoção do confinamento, pois com o fornecimento de dieta total pode-se atender as exigências de manutenção e de crescimento muscular, para que o animal possa expressar seu máximo potencial de ganho de peso em um curto período de tempo desde que, de forma econômica. Por outro lado, formas de produção de carne em pastagens também podem ser incorporadas ao sistema de produção.

Entretanto, a adoção do confinamento pode tornar os custos de produção com a dieta mais onerosos e por isso a sua adoção deve ser estratégica e voltada principalmente para produzir animais na entressafra, quando há também a escassez de alimento (inverno e/ou seca) que coincide com o pagamento de maiores preços pagos a carne. Portanto, há a necessidade de migrar para sistemas alimentares que desperdicem menos alimentos, que tenham maior eficiência econômica em todas as etapas de produção para competir pelo uso da terra com eficiência para aumentar os lucros e viabilizar a atividade.

Uma alternativa para reduzir os custos de produção seria utilizar técnicas das quais culminem no aumento do desempenho animal passando pela otimização do uso de alimentos. Uma das alternativas passíveis de ser utilizada neste contexto seria a utilização de animais que passaram por período de restrição alimentar antes do confinamento, conforme proposto por Nobrega et al. (2013). Neste período, o consumo de alimentos é restrito para atender apenas as necessidades nutricionais de manutenção, para manter o peso corporal. Desta forma, esta técnica pode ser usada para contornar o problema de escassez de alimentos e perda de peso durante a época da seca e/ou inverno rigoroso, a fim de obter um crescimento compensatório posterior, com ênfase em alterações no consumo, no metabolismo e consequentemente no desempenho do animal.

O crescimento compensatório é a capacidade de animais, anteriormente submetidos a um período de restrição alimentar, de melhorar o ganho de peso quando tem acesso livre a alimentos de boa qualidade num período de realimentação (ABOUHEIF et al., 2013). Contudo, a interação entre o plano nutricional e o ambiente podem impactar em alterações no metabolismo, tornando-se necessário avaliar o efeito da restrição sobre os parâmetros metabólicos e fisiológicos dos cordeiros.

O estado nutricional pode ser avaliado através dos metabólitos sanguíneos, como a glicose e ureia, que refletem o metabolismo energético e por meio de níveis de creatinina e albumina, que refletem o metabolismo proteico.

Quanto aos parâmetros fisiológicos, deve-se avaliar a frequência respiratória (FR), frequência cardíaca (FC) e a temperatura retal (TR), pois demonstram a sanidade do animal e também o efeito do ambiente sobre a fisiologia animal. Porém, estes parâmetros podem variar de acordo com a raça, idade, sexo, estágio fisiológico, clima, manejo e perfil energético da raça.

Em relação ao clima, o animal pode sofrer estresse por calor, o qual está fortemente relacionado com os parâmetros fisiológicos, conforme Oliveira et al. (2012), interferindo no desempenho animal. Portanto, se faz necessário a avaliação das condições térmicas do ambiente.

O controle térmico do ambiente é um dos desafios do sistema de produção animal tanto em confinamento como em condições de pastagem. Hahn (1985) propôs que ovinos em crescimento tem zona de termoneutralidade compreendida entre 8°C e 18°C (com -13 de temperatura crítica inferior e 25° de temperatura crítica superior). Esta zona de termoneutralidade é válida, mas há outros fatores ambientais que podem interferir no conforto térmico de ovinos, como a umidade relativa do ar. Assim, o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) pode ser usado para averiguar a gravidade do estresse por calor causado pelas condições térmicas (WOJTAS, CWYNAR e KOLACZ, 2014).

O ITU é calculado a partir de medidas de temperatura e umidade relativa do ar. De acordo com Hahn (1985), valores de ITU até 70 indicam que o ambiente proporciona conforto térmico ao animal; valores entre 71 e 78, indicam que há condição crítica de estresse; entre 79 e 83 informam que o nível de estresse é potencial desencadeador de falhas do sistema orgânico; acima de 83, o animal encontra-se em situação de emergência de estresse.

No entanto, os valores de referência de parâmetros fisiológicos, assim como os de perfil bioquímico de animais em fase de crescimento e terminação são escassos na literatura nacional, principalmente, dados de animais mestiços criados em condições ambientais do Brasil, pois há um grande volume na literatura estrangeira que retratam outras situações contrastantes.

Aliás, até o presente momento, existem poucos estudos relacionando parâmetros metabólicos, fisiológicos e desempenho de cordeiros mestiços

submetidos a um período prévio de restrição alimentar e a ganho compensatório. Assim, justifica-se a importância da realização deste estudo para apontar as possíveis alterações no metabolismo animal de acordo com o nível energético da dieta.

Objetivou-se com este estudo, avaliar desempenho, parâmetros metabólicos e parâmetros fisiológicos de cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês, confinados e alimentados com diferentes níveis de energia na dieta.

## 1.1 REFERÊNCIAS

ABOUHEIF, M.; AL-OWAIMER, A.; KRAIDEES, M.; METWALLY, H.; SHAFEY, T. Effect of restricted feeding and realimentation on feed performance and carcass characteristics of growing lambs. **Revista Brasileira de Zootecnia**.v.42, n.2. p. 95-101, 2013.

AGRICULTURAL DEVELOPMENT ECONOMICS DIVISION FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision*. **ESA Working paper**. No. 12-03. Rome, FAO, 2012. Disponível em: <[http://www.fao.org/fileadmin/templates/esa/Global\\_persepctives/world\\_ag\\_2030\\_50\\_2012\\_rev.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/esa/Global_persepctives/world_ag_2030_50_2012_rev.pdf)>. Acesso em: 18 set. 2018.

HAHN, G. L. Management and housing of farm animals in hot environments. In: **Stress physiology in livestock**. vol. II. ed. Yousef, M. K., ed. CRC Press, Boca Raton, 1985.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção da Pecuária Municipal**, Rio de Janeiro, ID84, ISSN01014234, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo agropecuário 2017: resultados preliminares. Rio de Janeiro, ID 3093, ISSN 01036157, 2018. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro\\_2017\\_resultados\\_preliminares.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro_2017_resultados_preliminares.pdf)>. Acesso em: 24 jan. 2019.

NÓBREGA, G. H.; CÉZAR, M. F.; FILHO, J. M. P.; SOUSA, W. H.; SOUSA, O. B.; CUNHA, M. G. G.; SANTOS, J. R. H. Regime alimentar para ganho compensatório de ovinos em confinamento: composição regional e tecidual da carcaça. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n.2, p. 469-476, 2013.

OLIVEIRA, F. S.; FERNANDES NETO, V.P.; SILVA, M. N. N.; CARDOSO, F. S.; COSTA, A. P. R. Efeito do estresse térmico sobre os parâmetros fisiológicos e bioquímicos de ovinos criados em clima tropical. **PUBVET**, v. 6, p.1357n- 1362, 2012.

Peso Promedio de Haciendas Bovinas – Ovinas kgs. Em pie. Em 4ta. Balanza – Rendimento. Disponível em: <<http://www.inac.uy/innovaportal/file/1222/1/peso-promedio-bov-ovi.pdf>>. Acesso em 18 set. 2018.

WOJTAS, K.; CWYNAR, P.; KOLACZ, R.; Effect of thermal stress on physiological and blood parameters in merino sheep. **Bulletin on the Veterinary in Pulawy**, v. 58, p. 283-288, 2014.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar o desempenho produtivo, parâmetros fisiológicos e metabólicos de cordeiros confinados alimentados com diferentes níveis de energia.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Avaliar o desempenho, parâmetros metabólicos e fisiológicos de cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês, submetidos a três níveis de consumo de energia metabolizável.

### **2.3 HIPÓTESES**

Dietas com diferentes níveis de energia de alimento proporcionam alterações nos parâmetros metabólicos e fisiológicos.

Animais submetidos a restrição alimentar prévia apresentam melhor desempenho em uma fase de realimentação por terem menores exigências de manutenção.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE CORDEIROS CONFINADOS

A categoria de cordeiros tem maior velocidade de crescimento, maior eficiência de produção e maior rendimento de carcaça comparada as demais categorias do rebanho. Para tanto, em sistemas intensivos, necessitam de uma alimentação com adequados níveis de proteína e energia, sendo este último mais importante quantitativamente na dieta.

Devido ao fato da maior parte da dieta dos ovinos ser composta por forragens, as quais são de menor valor nutricional, o suprimento adequado de energia torna-se essencial. A energia é utilizada para manutenção e crescimento animal e sua carência deprime o crescimento dos animais trazendo prejuízo ao sistema produtivo.

Para as exigências energéticas podem ser divididas em exigências para manutenção e ganho de peso. As necessidades de energia para manutenção estão relacionadas a demanda de energia para as necessidades basais como respiração, digestão, metabolismo e manutenção da temperatura corporal.

A energia para manutenção é calculada em relação a massa corporal ou unidade de tamanho metabólico (UTM), a qual corresponde a massa metabólica elevada a potência 0,75. Assim, o animal em manutenção não apresenta ganho de peso e nenhuma modificação de composição corporal (BERCHIELLI, PIRES e OLIVEIRA, 2011).

As exigências de energia de manutenção podem variar de acordo com fatores como raça, estágio fisiológico, sistema de produção (a pasto ou em confinamento), nível de produção dentre outros (SALAH, SAUVANT E ARCHIMÈDE, 2014).

A energia metabolizável para a manutenção ( $EM_m$ ) é descrita como a produção de calor de um animal em ambiente termoneutro, ao qual a ingestão de energia metabolizável está em equilíbrio com a perda de calor (BERCHIELLI, PIRES e OLIVEIRA, 2011).

As exigências para a manutenção relacionadas a raças referem-se aos diferentes tamanhos de órgãos, pois vísceras e tecido muscular consomem 50 e 23% desta energia, respectivamente. Quanto ao plano nutricional, o nível de consumo pode levar no mínimo três semanas para evidenciar mudanças principalmente referentes ao escore corporal. A atividade exercida pelo animal deve ser levada em

conta, visto que animais a pasto apresentam maior gasto de energia de manutenção devido a tempo de pastejo, disponibilidade de matéria orgânica do pasto, distância percorrida e inclinação do terreno (RESENDE et al., 2008).

A produção de calor ou o incremento calórico (IC) está relacionado a diversos fatores, como a regulação térmica, atividade muscular, realização da circulação, respiração e custos energéticos com processos metabólicos, como a renovação tecidual.

O NRC 2007 propõe que a necessidade de energia metabolizável de manutenção de ovinos baseada no consumo mínimo pode variar de 73 a 110 kcal kg<sup>0,75</sup>. De acordo com o NRC (2007) animais com 20 kg de massa corporal, com 0,6 de maturidade, recebendo dieta de 2,39 Mcal kg<sup>-1</sup> para ganho médio diário de 100g apresenta exigência de energia de 1,51 Mcal dia<sup>-1</sup> e consumo de matéria seca de 3,16 % de massa corporal. Entretanto, os requerimentos de energia para ganho de peso de ovinos recomendados pelo NRC (2007) foram baseados através de uma média de três valores experimentais, desenvolvidos a partir de estudos com genética e condições ambientais diferentes. Assim, estima-se que as exigências de nutrientes sejam diferentes de animais criados em condições brasileiras.

Salah, Sauvant e Archimède (2014), trabalharam com exigências de proteína e energia de ovinos, caprinos e bovinos em áreas quentes através de uma meta-análise de 590 publicações e verificaram que as exigências para os cordeiros criados em clima tropical foram superiores em relação ao clima temperado. Assim, os autores estabeleceram que ovinos tem exigência de energia de manutenção de 129 kcal kg<sup>0,75</sup> a partir do peso metabólico (peso<sup>0,75</sup>); bem como, a exigência de energia metabolizável por grama de massa corporal foi de 5,8 kcal para ovinos criados em clima tropical.

As exigências de ganho variam de acordo com a deposição de gordura e proteína corporal, idade e peso, pois conforme a maturidade do animal aumenta, as taxas de ganho de peso diminuem e passam a depositar mais gordura a um custo energético maior (RESENDE et al., 2008).

XU et al. (2015), trabalharam com exigências de manutenção e crescimento de cordeiros mestiços Dorper recém-desmamados, com níveis de alimentação *ad libitum*, 70 e 40% da alimentação *ad libitum*, verificaram que o requisito para manutenção corporal foi de 89,43 kcal kg<sup>0,75</sup> de EM. Enquanto que, para cordeiros com peso inicial de 20 kg e ganho de peso de 100 a 200 g dia<sup>-1</sup> a exigência foi de 628,58 a 1249,16 kcal kg<sup>0,75</sup> somente para ganho. Além disso, também foi observado

uma redução do fígado de 0,47% e 1,6% do trato gastrointestinal em relação ao peso corporal vazio do nível *ad libitum* para o nível 40% do *ad libitum*.

Salah, Sauvant e Archimède (2014), afirmaram que uma dieta de menor densidade de energia e alto teor de fibra pode induzir ao aumento de produção de calor durante a digestão devido ao maior trabalho de mastigação e atividade intestinal. Assim, este calor adicional produzido, pode estar relacionado ao maior requerimento de energia metabolizável de manutenção de cordeiros criados em clima tropical para dissipar o excesso de calor e regular sua temperatura corporal.

### 3.2 CONSUMO ALIMENTAR E DESEMPENHO PRODUTIVO

Na ovinocultura de corte, o desempenho animal é atribuído à capacidade deste converter o alimento consumido em massa corporal, preferencialmente em tecido muscular. Existem fatores que podem interferir na maximização do desempenho animal, principalmente em animais confinados, dentre eles pode-se citar a raça ou grupo genético, condição sexual, sanidade, ambiente, qualidade da dieta, além do consumo.

Com relação a raças utilizadas no Brasil, ultimamente tem sido dado bastante atenção à raça Dorper em função da sua adaptabilidade, desempenho e sua pouca sazonalidade reprodutiva. A raça é originária da África do Sul e pode ser considerada tolerante ao estresse nutricional causado pela flutuação sazonal de biomassa e qualidade de pastagens com baixa digestibilidade (SCANLON et al., 2013). Quando utilizada em cruzamentos com raças “nativas”, tem contribuído para melhorar o ganho de peso de animais nativos como a raça Santa Inês, imprimindo um melhor desempenho produtivo, considerando também sua adaptação a ambientes críticos.

Outro ponto importante é a condição sexual do animal, pois animais não castrados tem o crescimento muscular influenciado pela testosterona. Este hormônio proporciona efeito anabólico de aumento na deposição de gordura e músculos (KELLY e JONES, 2013). Contudo, a carne de ovinos adultos pode ter odor e sabor indesejado em decorrência da produção de escatol, um produto da quebra do triptofano no intestino e pela presença de aldosterona (16-androsteno esteroide) (AURICH, 2018). Por isso recomenda-se o abate de animais jovens antes de atingir a maturidade sexual.

Quanto a sanidade animal, constitui-se de um desafio mantê-la em condições de confinamento, pois o ambiente predispõe a situações de estresse, como por exemplo, estresse por calor que deprime o sistema imunológico e aumenta a incidência de enfermidades (GONZÁLEZ e SILVA, 2017).

O consumo de matéria seca e o desempenho produtivo do animal estão intimamente associados, de forma que qualquer fator que interfira na ingestão do alimento reflete nas variáveis de produtividade. A ingestão de alimento é regulada pela energia corporal através de um balanço energético de ingestão e saída de energia do corpo (BERCHIELLI, PIRES e OLIVEIRA, 2011).

No entanto, existem vários fatores que podem afetar o consumo de matéria seca do animal e estes podem estar relacionados a dieta do animal ou ainda do ambiente. Com relação a dieta sabe-se que fatores como nível de energia, fibra em detergente neutro (FDN), (BERCHIELLI, PIRES e OLIVEIRA, 2011), grau de processamento do alimento, nível de proteína degradável (PEREIRA et al., 2007; NRC, 2007) e proporção de lipídios são os principais reguladores do consumo. Por outro lado, a frequência de fornecimento e a disponibilidade de cocho e água são fatores ligados ao manejo que podem ter grande influência no consumo de alimento. Outros fatores, como o estado sanitário do animal, seu estágio fisiológico e as condições ambientais também podem exercer importante papel na ingestão de alimentos.

O estresse climático também exerce influência sobre o desempenho produtivo de ovinos, pois cordeiros Santa Inês confinados sob condições de sol comparados aos confinados sob sombra, obtiveram menores médias de consumo (944 vs. 1062 g dia<sup>-1</sup>) e ganho de peso (122 vs. 174 g dia<sup>-1</sup>), e maior para conversão alimentar (7,73 vs. 6,10) (NEIVA et al., 2004).

Segundo Berchielli, Pires e Oliveira (2011), os fatores relacionados ao estímulo da ingestão de alimentos referem-se ao balanço de nutrientes absorvidos pelos microrganismos, a demanda de nutrientes, ao baixo nível de AGCC (ácidos graxos de cadeia curta) no rúmen e a aceitabilidade do alimento. Já a inibição da ingestão pode ocorrer devido ao calor, fadiga, rejeição do alimento, distensão ruminal, alto nível de AGCC no rúmen e desbalanceamento de nutrientes absorvidos pela microbiota ruminal.

A redução do tamanho da partícula pode interferir na taxa de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal, influenciando o consumo voluntário e,

consequentemente, o desempenho do animal (MARI e NUSSIO, 2002). Assim, avaliar o tamanho da partícula faz-se necessário através do método *Penn State Particle Size Separator*, que consiste de quatro bandejas com peneiras que retêm partículas de 38 mm; entre 38 e 19 mm; entre 19 e 8 mm e menor de 8 mm como o fundo. Tal sistema permite avaliar a estratificação das partículas de volumoso ou de dieta total retida em cada peneira e o tamanho médio da partícula. Outra importante razão para utilização da peneira para averiguar o tamanho da partícula é que em dieta total de ovinos deve-se tomar cuidado com partículas muito grosseiras, pois são animais muito seletivos, implicando diretamente no consumo de matéria seca.

A seletividade dos ovinos parece aumentar quanto maior o teor de FDN da dieta (PARENTE et al., 2016). Bach (2017), trabalharam com a inclusão de permeado de soro de leite de vaca na dieta de cordeiros, observou que o comportamento seletivo dos ovinos foi evidenciado conforme aumentou o consumo de concentrado na dieta ao longo do confinamento, pois houve um aumento no consumo de partículas finas (diminuição de partículas menores que 1,7mm nas sobras, de 16,3 para 4,9%) e redução do consumo de partículas mais grosseiras (aumento de partículas maiores que 7,8 mm nas sobras, de 51,1 para 73,9%).

A ingestão de água também é de grande importância, no consumo de alimento, uma vez que esta é essencial no processo de digestão e absorção (BERCHIELLI, PIRES e OLIVEIRA, 2011). Os referidos autores também afirmaram que a composição do alimento, a temperatura ambiente e o regime ao qual o animal se encontra, seja de manutenção, crescimento, engorda, gestação ou lactação também influenciam o consumo de água.

Conforme descrito anteriormente, a idade, peso, condição sexual, estágio fisiológico são fatores relacionados ao animal. Em animais em que o gasto energético é alto e o fornecimento de precursores de energia é baixo, ou uma dieta com inadequada energia metabolizável, a ação da insulina juntamente com a leptina e o TNF –  $\alpha$  (fator de necrose tumoral) no tecido adiposo propiciará o uso de triacilglicerol como fonte energética (CRONJÉ, 2000).

Por fim, o ambiente pode interferir no consumo alimentar de acordo com a época do ano através do fotoperíodo e a partir das condições ambientais (temperatura e umidade) que influenciam o conforto térmico do animal (CRONJÉ, 2000).

O fotoperíodo também pode afetar o consumo, uma vez que se tem efeitos sobre a regulação metabólica, pois entre 6 e 10 semanas após a máxima duração de

luz ser atingida ocorre a máxima ingestão de alimentos (CRONJÉ, 2000). No entanto, em situações de estresse por calor, a ingestão de matéria seca pode diminuir, consequentemente a motilidade ruminal cai e o alimento permanece mais tempo retido no rúmen (BERCHIELLI, PIRES e OLIVEIRA, 2011).

### 3.3 PARÂMETROS METABÓLICOS

A avaliação do perfil bioquímico sanguíneo permite monitorar a condição nutricional e metabólica, o estado clínico, além de ser indicador de processos de adaptação do organismo e do metabolismo proteico, energético e mineral, úteis para avaliação individual ou do rebanho, na detecção de distúrbios alimentares e no auxílio de diagnóstico de doenças (GONZÁLEZ e SILVA, 2017).

A dieta determina o influxo de nutrientes e pode influenciar diretamente os metabólitos sanguíneos, dos quais pode-se avaliar o metabolismo energético através da glicose e o metabolismo proteico através da ureia, creatinina e albumina.

Nos ruminantes, os AGCC contribuem com 50 a 70 % da energia digestível do alimento, mas existem outras fontes de energia como a glicose. Quando a dieta é constituída de alta proporção de grãos de cereais, a glicose é obtida a partir de carboidratos que escapam do rúmen e são digeridos no intestino delgado, sendo absorvida e utilizada quase totalmente pelo epitélio intestinal através do enterócito, liberando quantidades não significativas no sangue (KOZLOSKI, 2016).

Além dos eritrócitos, há outros tecidos periféricos que utilizam a glicose como única fonte de energia a partir de constante neoglicogênese hepática, como o tecido nervoso, medula renal, tecidos embrionários, epitélio intestinal e glândula mamária para a síntese de lactose. Na condição de alimentado, o propionato é o precursor da glicose, removido pelo sangue para ser sintetizado em glicose no fígado, mas existem outros importantes precursores como o lactato, isobutirato e o glicerol. O glicerol é um precursor importante durante condições de jejum (KOZLOSKI, 2016).

A glicose deve ser mensurada em amostras sanguíneas de cordeiros submetidos entre 12 a 16 horas de jejum para que as variações decorrentes da dieta não interfiram nos resultados (KANEKO, HARVEY e BRUSS, 2008). Os valores de referência glicêmicos para ovinos variam de 50 a 80 mg dL<sup>-1</sup> (KANEKO, HARVEY e BRUSS, 2008; GONZÁLEZ e SILVA, 2017).



No entanto, Kozloski (2016) afirmou que a concentração média venosa de glicose no estado alimentado é de  $50 \text{ mg dL}^{-1}$  e de  $35 \text{ mg dL}^{-1}$  no jejum. Isto pode ser explicado porque durante o jejum o cérebro e o trato gastrointestinal, que somados utilizam até 40% da glicose absorvida, não dependem de insulina, já o tecido muscular e o adiposo são estimulados pela insulina.

A albumina constitui a principal proteína encontrada no soro, constituindo 35 a 50% da proteína sérica total, atuando na regulação da pressão osmótica e no transporte de substâncias, principalmente de aminoácidos para a síntese de proteína nos tecidos periféricos. O valor sérico varia de 24 a  $30 \text{ g L}^{-1}$  (KANEKO, HARVEY e BRUSS, 2008; GONZÁLEZ e SILVA, 2017), com meia vida plasmática de 14,3 dias.

O aumento no valor sérico de albumina pode ocorrer devido a casos de desidratação e diminuição em casos de doença do fígado, rim, trato gastrointestinal, desnutrição e perda de plasma (KANEKO, HARVEY e BRUSS, 2008). Além disso, dietas com déficit energético podem provocar catabolismo aumentado da albumina e estimular a mobilização de aminoácidos de reserva para a gliconeogênese (GONZÁLEZ e SILVA, 2017).

A ureia, por sua vez, constitui metabólito proveniente da amônia durante o metabolismo proteico, metabolizada pelo fígado através do ciclo da ureia nos hepatócitos. Tal ureagênese hepática pode ser influenciada pelo consumo de nitrogênio digestível, tipo de nitrogênio da dieta, pelo nível de consumo de energia metabolizável e pelo estágio fisiológico (KOZLOSKI, 2016). Aliás, consiste em um metabólito útil, relacionado a desnutrição e serve para monitorar os efeitos de restrição de proteína na dieta (KANEKO, HARVEY e BRUSS, 2008).

Os níveis de ureia plasmáticos variam de 8 a  $20 \text{ mg dL}^{-1}$  (KANEKO, HARVEY e BRUSS, 2008; GONZÁLEZ e SILVA, 2017), sendo um importante metabólito a ser avaliado, pois estima a função sintética de converter amônia em ureia no fígado. Os níveis de ureia podem estar aumentados devido a dieta com excesso de proteína ou de nitrogênio de origem não-proteico e em casos de deficiência de carboidratos fermentáveis, pois diminui a capacidade da microflora ruminal para a síntese de aminoácidos e proteínas microbianas (GONZÁLEZ e SILVA, 2017).

Entretanto, Kozloski (2016) afirmou que a ureia é o metabólito sujeito ao mais alto grau de variação, variando de 15 a  $40 \text{ mg dL}^{-1}$  para ruminantes. Desta ureia produzida no fígado, uma parte é reciclada na saliva e via transepitelial e outra parte é excretada na urina (KOZLOSKI, 2016).

Em relação a creatinina, é uma molécula produzida pela degradação de fosfocreatina armazenados como forma de energia nos músculos esqueléticos (95%), sendo que a concentração deste metabolito é proporcional a massa muscular (GONZÁLEZ e SILVA, 2017). Tal molécula é sintetizada pelo fígado a partir dos aminoácidos glicina, arginina e metionina, sendo esta circulante na forma livre no plasma e distribuída por todo o corpo, a fim de ser filtrada pelo glomérulo renal e excretada na urina, assim como a ureia.

O valor de creatinina varia de 1,2 a 1,9 mg dL<sup>-1</sup>, a diminuição do teor plasmático pode estar relacionada a situações de atrofia muscular, hidratação excessiva, insuficiência hepática e doenças musculares degenerativas, já o aumento está relacionado a situações de exercício prolongado ou intenso β- hidroxibutirato (GONZÁLEZ e SILVA, 2017).

Além da glicose, o β-hidroxibutirato, os ácidos graxos não esterificados (AGNE) podem ser usados para avaliar o perfil metabólico energético do ruminante. O β-hidroxibutirato é um corpo cetônico produzido de forma contínua pelo epitélio ruminal por β-oxidação do ácido graxo butirato, com concentrações plasmáticas variando de 1 a 3 mg dL<sup>-1</sup> em animais bem alimentados (BERCHIELLI, PIRES e OLIVEIRA, 2011).

Durante o jejum ou em situações de balanço energético negativo a lipase é estimulada nos triglicerídeos do tecido adiposo, mobilizando a gordura armazenada na forma de AGNE e glicerol na circulação sanguínea para ser usado como substrato energético para o tecido adiposo, muscular e fígado. Desta forma, com a β - oxidação destes ácidos graxos na mitocôndria até acetil-SCoA e depois até dióxido de carbono no ciclo de Krebs, porém se a captação de ácidos graxos excede a demanda energética da célula há uma saturação e acúmulo do intermediário, convertido ao corpo cetônico β - hidroxibutirato (KOZLOSKI, 2016).

O valor de referência para AGNE é de 2,94 a 14,7 mg dL<sup>-1</sup> (KANEKO, HARVEY e BRUSS, 2008) para β - hidroxibutirato é de 6 a 10 mg dL<sup>-1</sup> (GONZÁLEZ e SILVA, 2017).

O hormônio do crescimento (GH) também tem grande importância no perfil bioquímico de animais jovens, pois até atingir a puberdade ele tem ação sobre várias vias metabólicas, declinando com a idade e é liberado de forma pulsátil. O GH age sobre a biossíntese de proteínas, favorecendo a captação de aminoácidos, favorece a lipólise e tem ação hiperglicemiante (GONZÁLEZ e SILVA, 2017).

Além disso, as alterações na bioquímica sanguínea durante o estresse pelo calor podem estar relacionadas a mudanças no perfil hormonal envolvendo o hormônio cortisol secretado pela glândula adrenal. Quanto ao cortisol, parece que tem ação hiperglicêmica e aumenta a utilização de glicose (SILANIKOVE, 2000). Entretanto, mensurar cortisol pode ser insuficiente para enquadrar animais em situações de estresse térmico, pois a concentração de cortisol pode aumentar em animais expostos a altas temperaturas e diminuir gradualmente a longo prazo de exposição, indicando uma adaptação as condições térmicas impostas (WOJTAS, CWYNAR e KOLACZ, 2014).

### 3.4 PARÂMETROS FISIOLÓGICOS

A fisiologia dos ovinos está relacionada a fatores internos de manutenção da homeostase corporal, fatores relacionados ao ambiente ao qual o animal está inserido e também relacionados ao alimento consumido. A principal forma de observação dessa interação e adaptabilidade do animal ao ambiente, com foco no conforto térmico para priorizar o desempenho animal ocorre através da mensuração dos parâmetros fisiológicos de frequência respiratória (FR), frequência cardíaca (FC) e temperatura retal (TR).

Feitosa (2004), afirmou que os valores de referência para a frequência respiratória (FR), frequência cardíaca (FC) e a temperatura retal (TR) são de 36 a 48 mov.min<sup>-1</sup>; 90 a 115 bat.min<sup>-1</sup> e 39 a 40°C, respectivamente para ovinos jovens em repouso dentro de sua zona de conforto térmico.

No entanto, existem fatores que podem influenciar estes parâmetros de acordo com a raça, sexo, espécie, estágio fisiológico, categoria, idade e condição ambiental que o animal está submetido.

O processo respiratório consiste em um mecanismo pelo qual o animal faz sua termorregulação (FEITOSA, 2004), assim pode ser o parâmetro mais influenciável pela amplitude térmica do ambiente, principalmente pelo fato de ovinos dispersarem calor através da evaporação pulmonar e pela evaporação cutânea (KLEIN, 2014).

Animais com taxa respiratória de até 40 movimento min<sup>-1</sup> considera-se em condições de conforto térmico, porém quando a taxa respiratória ultrapassa este limite, o animal é considerado ofegante e a severidade do estresse por calor pode ser

considerada baixa (40 a 60 mov.min<sup>-1</sup>); médio-alto (60 a 80 mov.min<sup>-1</sup>); alto (80 a 120 mov.min<sup>-1</sup>) e estresse severo acima de 200 movimento min<sup>-1</sup> (SILANIKOVE, 2000).

Quanto a frequência cardíaca, a qual é constituída por duas bulhas cardíacas de movimentos sistólico e diastólico, requer que o foco de auscultação em ovinos ocorra entre o 3° e o 4° EIC (espaço intercostal), devido à proximidade do local dos ruídos das válvulas cardíacas pulmonar, aórtica e mitral (FEITOSA, 2004). Quanto a temperatura retal, Klein (2014) sugeriu que a temperatura corporal para ovelhas se encontra de 38,5 a 39,9 °C.

Gesualdi et al. (2014), trabalharam com os efeitos do estresse por calor sobre os parâmetros fisiológicos de cordeiros e verificaram que os valores de FR (135 ± 27 mov.min<sup>-1</sup>), FC (141 ± 9 bat.min<sup>-1</sup>) e TR (39,7 ± 0,1°C) foram maiores para o genótipo F1 - Santa Inês x Dorper comparados aos valores de FR (113 ± 27 mov.min<sup>-1</sup>), FC (141 ± 9 bat.min<sup>-1</sup>) e TR (39,7 ± 0,1°C) para animais Santa Inês. No mesmo trabalho foram evidenciados a influência do período do dia sobre os parâmetros fisiológicos dos animais. Ao se comparar as médias do período da manhã com as do período da tarde para FR (106 ± 20 vs. 142 ± 20 mov.min<sup>-1</sup>) FC (142 ± 9 vs. 133 ± 7 bat.min<sup>-1</sup>) e TR (39,5 ± 0,1 vs. 39,8 ± 0,1 °C), foi verificado que o estresse por calor foi agravado devido a mensuração ser feita 20 min após a atividade de caminhada e pastejo sob condições de sol e de temperaturas acima da Zona de conforto térmico de cordeiros (09:00h e 15:00 h), evidenciando a importância de alojar animais no período da tarde devido ao estresse térmico.

### 3.5 CONFORTO TÉRMICO PARA CORDEIROS NA FASE DE CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO

A termorregulação é mantida a partir do equilíbrio entre a perda e o ganho de calor proveniente do metabolismo energético e de fontes externas relacionadas ao ambiente. Aparentemente os ovinos são menos susceptíveis ao estresse térmico comparado aos outros ruminantes (SHKOLNIK E CHOSHNIAC, 2006).

Klein (2014) sugere que o animal dispõe de mecanismos de troca de calor com o ambiente por meio de convecção, condução, radiação e evaporação. Em ovinos a evaporação constitui a principal forma de dissipação de calor. Nestes animais esta ocorre principalmente via evaporação pulmonar e cutânea (KLEIN, 2014). Por outro lado, em animais com grande quantidade de lã, essa age como uma

barreira para a evaporação e nestes casos a evaporação cutânea pode se tornar mais importante (WOJTAS, CWYNAR e KOLACZ, 2014). Segundo Silva et al., (2002), a dissipação de calor em ovinos via respiratória é maior a medida que há elevação da temperatura a partir de aproximadamente 17°C.

Outra forma de evidenciar a dissipação de calor, é o ato de ofegar, pois aumenta a frequência respiratória sem somar maior carga de calor, aumentando a evaporação do trato respiratório devido a obstrução vascular da mucosa respiratória e oral e também aumenta a salivação. Para a eliminação de um litro de água como vapor d' água são necessárias 580 kcal e que a eficiência do processo diminui conforme a umidade relativa do ar aumenta devido a saturação do ar com vapor de água (KLEIN, 2014).

A regulação da temperatura corporal ocorre a partir de respostas integradas de receptores localizados no sistema nervoso central, pele e alguns órgãos internos, emitidas ao cérebro para que se inicie os mecanismos de controle por *feedback*. Os receptores centrais têm maior influência do que os receptores periféricos, com efeito, o hipotálamo faz a integração das informações, e em caso de temperatura central acima do ponto de ajuste há respostas de vasodilatação, sudorese e ofego. Do contrário, emite-se respostas de vasoconstrição, tremores e/ou termogênese sem tremores (KLEIN, 2014).

O ambiente exerce influência no conforto térmico do animal, pois o clima juntamente com as condições de temperatura e umidade no interior das instalações podem levar o cordeiro confinado a sofrer estresse térmico por calor, quando há retenção de calor maior do que sua dissipação, sendo uma condição muito observada em climas tropicais.

Há uma zona de neutralidade térmica, em que a temperatura corporal encontre-se em faixa normal através de mecanismos vasomotores em uma dada temperatura ambiente (KLEIN, 2014).

Para ovinos, essa zona de conforto térmica pode ser muito variável, levando em consideração que existem raças lanadas e deslanadas. Segundo Hahn (1985), ovinos em crescimento tem zona de termoneutralidade entre 8°C e 18°C (com -13 de temperatura crítica inferior e 25° de temperatura crítica superior). No entanto, Rodríguez et al. (2016) afirmaram que a faixa de temperatura ótima para criação de cordeiros de engorda parece ser entre 10 e 20°C, para ambiente de 70 a 80% de umidade relativa do ar.

Deste modo, a capacidade do animal de manter seu nível de conforto fisiológico de acordo com as condições ambientais, possibilita os melhores resultados de produção (RODRÍGUEZ et al., 2016). Assim, diante de tamanha variação de temperatura e umidade, para avaliar as condições térmicas das instalações calcula-se o índice de Temperatura e Umidade (ITU) a partir do modelo proposto por Thom (1959), conforme descrito na equação abaixo.

$$ITU = (0,8 * Ta + (UR/100) * (Ta - 14,4) + 46,4)$$

Em que:

Ta = Temperatura do ar °C.

UR = Umidade Relativa do ar (%).

Valores de ITU até 70 sugerem que o ambiente proporciona conforto térmico, valores entre 71 e 78 indicam um alerta de condição crítica de estresse; de 79 a 83 considera-se uma condição de perigo, pois o estresse se torna desencadeador de falhas no sistema orgânico; quando atingir valor acima de 83, considera-se situação de emergência, pois a vida do animal encontra-se em situação de risco (HAHN, 1985).

### 3.6 GANHO COMPENSATÓRIO

Em sistemas de produção intensivo e com cada vez menos mão de obra, torna-se necessário ser mais eficiente ou buscar sistemas nutricionais e de manejo alternativos. Tais sistemas devem garantir ganho de peso suficiente para que os animais sejam abatidos precocemente. Oliveira et al. (2011) recomendaram o peso de abate de cordeiros machos entre 30 e 35 kg de peso com idade de até 6 meses para otimizar a qualidade da carne.

Uma boa alternativa para contornar a escassez de alimento e mitigar os custos consiste em realimentar os animais após terem passado por período de carência alimentar. Deste modo, pode-se obter ganhos de peso acima do previsto (ABOUHEIF et al., 2013).

Este ganho extra após um período de restrição alimentar denomina-se ganho compensatório e, para fazer uso deste ganho é importante salientar que a severidade da restrição pode comprometer o desempenho futuro do animal (NRC, 2007).

As respostas ao manejo de restrição alimentar e posterior realimentação podem variar de acordo com a raça utilizada, dieta, estágio de desenvolvimento do

animal, severidade do regime alimentar e duração tanto de restrição quanto de realimentação. Este regime alimentar de restrição nutricional de alimento deve ser preferencialmente executado para cordeiros jovens recém-desmamados devido a velocidade de crescimento desta categoria para otimizar o desempenho posteriormente. No entanto, existem trabalhos na literatura realizados com animais adultos (ALMEIDA et al., 2011; ABOUHEIF et al., 2016).

Durante o período de restrição alimentar podem ocorrer diversas alterações fisiológicas e metabólicas no organismo do animal, dependendo da proporção de alimento a ser restrita. Almeida et al. (2011) trabalhando com ganho compensatório de cordeiros Santa Inês leves (33,5kg) e pesados (56,8kg), verificou que o grau de maturidade do animal interfere no ganho compensatório e que apenas o fígado, órgão mais ativo metabolicamente, diminuiu seu peso durante o período de restrição.

O fígado dos ruminantes é importante no metabolismo intermediário e durante o jejum é responsável pela gliconeogênese hepática para formar glicose. Tal órgão possui uma reserva de glicogênio de 3% de seu peso seco, que em situações de estresse, podem ser mobilizadas (KOZLOSKI, 2016).

Nóbrega, Cézar e Sousa (2014), trabalharam com ganho compensatório para cordeiros Santa Inês e observaram que os animais submetidos a diferentes níveis de restrição alimentar tiveram o peso do trato gastrointestinal (TGI) diminuído a fim de economizar energia em decorrência de várias semanas de baixa ingestão de alimento. As mudanças anatômicas associadas ao ganho compensatório envolvem diminuição da altura e largura das papilas ruminais e aumento de altura e largura das vilosidades do intestino delgado.

Outra alteração decorrente do período de restrição alimentar são os depósitos internos de gordura. Tal alteração pode estar relacionada a diversas substâncias que o tecido adiposo secreta, como a lipoproteína lipase e ácidos graxos, constituindo moduladores metabólicos, o fator de crescimento IGF-I e os hormônios leptina, estradiol e testosterona (CRONJÉ, 2000).

Abouheif et al. (2015), trabalhando com restrição alimentar de 0,90 e 0,80 % da alimentação à vontade para cordeiros da raça Najdi, verificaram que a gordura visceral foi mais afetada em relação a gordura subcutânea e da cauda, indicando que a primeira serviu como fonte imediata de utilização de energia, sendo as outras levemente recuperadas durante o período de realimentação.



Em vacas de corte maduras, a realimentação após um período de restrição alimentar parece envolver genes relacionados ao tecido adiposo, os quais são importantes para o metabolismo de ácidos graxos, metabolismo do propionato, produção de energia via respiração mitocondrial e vias de fosforilação (CUNNINGHAM et al., 2018).

Pereira et al. (2018), trabalharam com restrição alimentar de cordeiros castrados e não castrados de diferentes idades, observaram que as alterações hormonais mais marcantes ocorreram nos níveis de insulina e leptina. A concentração destes hormônios pode ser afetada pelo estado nutricional, com ação no tecido adiposo, pois durante o balanço energético negativo a leptina sinaliza quando as reservas de tecido adiposo estão inadequadas ou em declínio (CRONJÉ, 2000).

Nesta situação a insulina, a glicose e a leptina, podem estar abaixo dos valores normais devido a maior concentração de ácidos graxos não esterificados (AGNE) no sangue, ocasionada pela lipólise durante o balanço energético negativo e pela perda de peso, indicando o efeito de resistência à insulina no músculo e no fígado para aumentar a disponibilidade de glicose para o cérebro e outros tecidos dependentes (YANG et al., 2016).

A acetil coenzima carboxilase  $\alpha$  e a ácido graxo sintase são influenciadas pela restrição alimentar em cordeiros, ao qual diminuem a síntese de triglicerídeos nos compartimentos do tecido adiposo femoral, omental, mesentérico, epicárdico e perirenal (YANG et al., 2016).

O hormônio de crescimento tem grande influência no metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídios durante o período de restrição alimentar e na realimentação (YANG et al., 2014). No entanto, apenas restrições severas de energia e proteína são capazes de induzir aumento significativo de hormônio liberador de hormônio do crescimento (GHRH) pituitário e expressão de receptor secretagogo do hormônio do crescimento (GHSR) e aumento de GH, sugestivo de potencial de crescimento compensatório satisfatório (YANG et al., 2014).

Em trabalhos realizados por Yang et al. (2016), os autores observaram que cordeiros submetidos ao nível de manutenção tiveram melhores ganhos e conversão comparados ao grupo que não passou por restrição (0,31 vs. 0,20 kg GMD) e conversão alimentar (5,87 vs. 9,75 kg MS kg ganho) no período de 60 dias para restrição alimentar e de 60 dias de realimentação *ad libitum*.

Babu et al. (2017), trabalharam com manejo de restrição alimentar durante 8 semanas com quatro níveis (0; 10; 20 e 30 %) de restrição em relação a alimentação *ad libitum*, obtiveram durante a fase de realimentação de 4 semanas os respectivos ganhos de peso e conversão alimentar 0,06; 0,09; 0,13 e 0,2 kg e 13,3; 8,7; 7,7 e 4,8. Assim, afirmaram que o nível de 30% de restrição da alimentação *ad libitum* obteve o melhor desempenho.

Ding et al. (2016), trabalharam com níveis de restrição alimentar de 0; 85; 75 e 60% do consumo *ad libitum* e relataram que cordeiros submetidos a restrição alimentar por 30 dias, seguido de realimentação por 60 dias apresentaram ganho compensatório, com ganho médio diário de 0,195; 0,248; 0,242 e 0,253 kg dia<sup>-1</sup>, e conversão alimentar de 10,05; 8,06; 8,05 e 7,47 kg, respectivamente.

#### 4 CAPÍTULO 1 - DESEMPENHO, PARÂMETROS METABÓLICOS E FISIOLÓGICOS DE CORDEIROS MESTIÇOS DORPER X SANTA INÊS SUBMETIDOS À RESTRIÇÃO ALIMENTAR

##### RESUMO

O consumo de energia metabolizável é um fator de grande impacto no crescimento dos animais e pode ser influenciado pela concentração de energia na dieta e pelo consumo de matéria seca. Neste sentido, faz-se necessário o uso de indicadores para avaliar o *status* nutricional, dentre eles os parâmetros metabólicos e fisiológicos. Objetivou-se com este estudo avaliar o impacto de diferentes níveis de restrição alimentar sobre o desempenho, parâmetros metabólicos e fisiológicos, bem como a interação entre parâmetros e ambiente. Foram utilizados 24 cordeiros machos não castrados, mestiços Dorper x Santa Inês, com quatro meses de idade e  $20,4 \pm 4$  kg de peso corporal ao início do experimento. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com três tratamentos e oito repetições, onde os tratamentos foram caracterizados por 1,0; 1,75 e 2,5 vezes o consumo de energia metabolizável de manutenção (CEMm) de acordo com NRC (2007), referente a 115 kcal kg<sup>0,75</sup>. Utilizou-se um período de restrição alimentar de 79 dias. Os cordeiros receberam dietas compostas por 40% de forragem (feno de Tifton 85, triturado) e 60% de concentrado, na matéria seca (MS). As dietas foram isoproteicas e isoenergéticas, contendo 157 g kg MS<sup>-1</sup> de proteína bruta (PB) com 2,34 Mcal de energia metabolizável por kg de MS. Não foi verificado efeito de tratamento ( $p > 0,05$ ) para níveis plasmáticos de albumina obtendo-se média de 3,75 g dL<sup>-1</sup>. Entre os níveis de 1,0 e 2,5 vezes o CEMm, a concentração de creatinina apresentou redução linear ( $p < 0,05$ ) em função de tratamentos, a qual diminuiu de 1,36 para 1,16 mg dL<sup>-1</sup>, enquanto os níveis plasmáticos de ureia, aumentou linearmente ( $p < 0,05$ ) de 36,1 para 45,71 mg dL<sup>-1</sup>. Para glicose, verificou-se ( $p < 0,05$ ) efeito linear crescente ( $p < 0,05$ ) de tratamento cujos níveis variaram de 73,23 para 80,96 mg dL<sup>-1</sup>. Apenas a FR apresentou interação entre tratamento e período ( $p < 0,0001$ ), de acordo com o período do dia com aumento de 32 para 43 movimentos minuto<sup>-1</sup> no período da manhã, e de 54 para 88 movimentos min<sup>-1</sup> no período da tarde, conforme o aumento dos níveis de CEMm. A FC apresentou efeito isolado para período, com redução de 99 para 91 batimentos minuto<sup>-1</sup>, nos períodos da tarde e manhã, respectivamente. Da mesma forma, a TR reduziu de 39 para 38,5°C, do período da tarde em relação ao período da manhã. As variáveis peso corporal final, CMS, CPB, CFDN, CNDT e GMD tiveram efeito de tratamento ( $p < 0,05$ ). O tratamento 2,5 CEMm teve o maior GMD de 0,239 kg. Houve efeito quadrático para a conversão alimentar ( $p < 0,05$ ) em função do CEMm, sendo melhor para o nível de manutenção em relação ao nível 2,5 CEMm (9,48 vs. 4,92). No entanto, a conversão mínima foi observada ao nível de 2,22 de CEMm onde a CA foi de 4,67. O nível de ingestão de energia metabolizável e as condições ambientais modificam os parâmetros metabólicos e fisiológicos bem como o desempenho de ovinos em condições de confinamento.

Palavras-chave: Crescimento. Manutenção. Restrição alimentar. *Status* nutricional

## ABSTRACT

The metabolizable energy consumption is a factor that has great impact in the growth of the animals and can be influenced by the concentration of energy in the diet and by the consumption of dry matter. In this sense, it is necessary to use indicators to assess nutritional status, including metabolic and physiological parameters. The aim of this study was to evaluate the impact of different levels of feed restriction on performance, metabolic and physiological parameters, as well as the interaction between parameters and environment. Twenty-four male, uncastrated lambs, Dorper x Santa Inês crossbred, four months old and  $20.4 \pm 4$  kg body weight were used at the beginning of the experiment. The design was completely randomized (DCR), with three treatments and eight replications, where the treatments were characterized by 1.0; 1.75 and 2.5 times the consumption of metabolizable energy for maintenance (CME<sub>m</sub>) according to NRC (2007), referring to 115 kcal kg<sup>0.75</sup>. A restriction period was used during 79 days. The lambs received diets composed of 40% forage (Tifton 85 hay, ground) and 60% concentrate in the dry matter (DM). The diets were isoproteic and isoenergetic, containing 157 g kg DM<sup>-1</sup> crude protein (CP) with 2.34 Mcal of metabolizable energy per kg of DM. No treatment effect ( $p > 0.05$ ) was observed for plasma levels of albumin, obtaining an average of 3.75 g dL<sup>-1</sup>. Among the levels of 1.0 and 2.5 times the CME<sub>m</sub>, the creatinine concentration presented a linear reduction ( $p < 0.05$ ) as a result of treatments, which decreased from 1.36 to 1.16 mg dL<sup>-1</sup>, while plasma urea levels increased linearly ( $p < 0.05$ ) from 36.1 to 45.71 mg dL<sup>-1</sup>. For glucose, there was a ( $p < 0.05$ ) increasing linear effect ( $p < 0.05$ ) of treatment whose levels ranged from 73.23 to 80.96 mg dL<sup>-1</sup>. Only the FR showed interaction between treatment and period ( $p < 0.0001$ ), according to the period of day with increase from 32 to 43 minute<sup>-1</sup> movements in the morning, and from 54 to 88 minute<sup>-1</sup> movements in the period in the period in the afternoon, as the levels of CEM<sub>m</sub> increase. HR showed isolated effect for the period with a reduction from 99 to 91 minute<sup>-1</sup> beats in the afternoon and morning, respectively. Likewise, TR reduced from 39 to 38.5°C in the afternoon compared to the morning. The final body weight, CDM, CCP, CNDF, CTDN and ADG variables had treatment effect ( $p < 0.05$ ). The 2.5 CME<sub>m</sub> treatment had the highest ADG of 0.239 g. There was a quadratic effect for the feed conversion ratio ( $p < 0.05$ ) as a function of the CEM<sub>m</sub>, being higher for the maintenance level in relation to the 2.5 CME<sub>m</sub> level (9.48 vs. 4.92). However, the minimum conversion was observed at the 2.22 level of CEM<sub>m</sub> where the FCR was 4.67. The level of metabolizable energy intake and the environmental conditions modify the metabolic and physiological parameters as well as the performance of sheep under confinement conditions.

Keywords: Feed restriction. Growth. Maintenance. Nutritional status.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

No Brasil em sistemas de criação baseados em pastagens, os animais passam por alguma época do ano de período de escassez de alimento, onde estabilizam ou perdem peso. Tal período exige adaptações do organismo para que em períodos de fartura de alimento os animais voltem a ganhar peso e tenham um bom desempenho.

A restrição alimentar pode ocorrer naturalmente, ou ser induzida para animais confinados a fim de economizar alimento ou simplesmente manter os animais para serem confinados para engorda em determinada época ou de acordo com interesse econômico.

Seus impactos podem variar de acordo com o sexo, maturidade do animal, duração do período e severidade, promovendo alterações das funções vitais para que o animal tenha maior chance de sobrevivência (PEREIRA et al., 2018).

Durante a restrição alimentar, o crescimento é diminuído e o animal tende a se adequar as mudanças ambientais e nutricionais, como a alteração do tecido corporal devido a mobilização de reservas, composição metabólica, metabólitos sanguíneos e mudanças nas concentrações hormonais de leptina e insulina (PEREIRA et al., 2018).

Dietas com restrições moderadas de energia para cordeiros de três meses ao nível de manutenção por 60 dias não influenciaram a secreção de GH pela hipófise e nem a transcrição de GH hipofisário, indicando que ao final da restrição alimentar os cordeiros têm potencial para desempenhar crescimento compensatório na fase de realimentação (YANG et al., 2014).

A idade do cordeiro submetido a restrição alimentar é de extrema importância, pois animais com aproximadamente seis meses de idade tem maior influência da concentração de leptina e de insulina, glicose e albumina de acordo com a dieta (PEREIRA et al., 2018). Deste modo, optar por animais jovens para o manejo de restrição alimentar é mais interessante no intuito de se obter bons resultados da prática.

Pesquisas realizadas anteriormente por Yang et al. (2016), sugeriram que a restrição alimentar ao nível de manutenção durante 60 dias proporcionaram desempenho superior (0,31 vs. 0,20 kg GMD) e conversão alimentar (5,87 vs. 9,75 kg) na fase de realimentação *ad libitum*.

No entanto, pesquisa feita por Babu et al. (2017) demonstrou que a restrição alimentar de 30% em relação a alimentação *ad libitum* resultou no melhor ganho de peso compensatório comparado ao grupo controle “ad libitum” (0,06 vs. 0,2 kg dia<sup>-1</sup>) e também melhor conversão alimentar (13,3 vs. 4,8 kg).

Suryanarayana e Prasad (2014) afirmaram que os cordeiros são capazes de sobreviver a períodos de escassez de alimento utilizando suas reservas corporais e as restauram quando a nutrição volta a ser adequada. Além disso, estes autores recomendam níveis de restrição alimentar de até 40% em relação a alimentação “ad libitum”, pois promovem perda de peso que é possível de ser recuperada.

Assim, a expectativa é de que o manejo de restrição alimentar aos níveis de manutenção (1,0 CEMm) e restrição de 30% em relação a alimentação *ad libitum* (correspondente a restrição de 1,75 CEMm nesta pesquisa) obtenham resultados de ganho compensatório superiores ao grupo controle de alimentação *ad libitum* (2,5 CEMm), tornando-se possível indicar o melhor nível de restrição alimentar prévio a fase de realimentação *ad libitum*.

Objetivou-se com este estudo avaliar o impacto da restrição alimentar sobre o desempenho, metabólitos sanguíneos e parâmetros fisiológicos de cordeiros Dorper x Santa Inês, submetidos a diferentes níveis de consumo de energia metabolizável (CEMm).

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.2.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

A pesquisa e os procedimentos conduzidos aos animais estiveram de acordo com os Princípios Éticos da Experimentação Animal, adotado pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor Palotina, sob o protocolo nº 17/2017.

A pesquisa foi conduzida de 21 de junho a 12 de setembro de 2017, no Centro de Estudos em Pequenos Ruminantes (CEPER) da Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, localizado a 24° 29' 39" latitude sul e 53° 84' 18" longitude oeste e 346 m de altitude. O clima de Palotina é caracterizado como subtropical úmido (Cfa) de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, com verões quentes,

invernos frios ou amenos e temperatura média anual de 20°C. As instalações do CEPER são equipadas com baias individuais e coletivas, um técnico para auxiliar a pesquisa, sala de preparo de rações, local para armazenamento do feno, sala para armazenamento das amostras, escritório e banheiro.

#### 4.2.2 ANIMAIS E MANEJO

Foram utilizados 24 cordeiros machos inteiros, mestiços Dorper x Santa Inês, com idade média de quatro meses e peso corporal de  $20,4 \pm 4$  kg (média  $\pm$  desvio padrão - DP) provenientes de uma fazenda comercial. Os animais foram identificados, pesados e vermifugados com Ivermectina a 1% ( $200 \mu\text{g kg}^{-1}$ ), administrado por via subcutânea, e posteriormente alojados em baias individuais de piso ripado suspenso, com área de  $1,7\text{m}^2$ , equipadas com um bebedouro para cada dois animais e comedouro individual de 0,40 m linear de capacidade de 50 litros. O período experimental teve duração de 79 dias (incluindo o período de adaptação dos animais de 15 dias, à dieta e as condições ambientais).

Os animais foram distribuídos aleatoriamente em três tratamentos: 1,0; 1,75 e 2,5 CEMm (*ad libitum*) em relação ao consumo *ad libitum*, sendo oito repetições para cada tratamento.

#### 4.2.3 PESAGENS

Os animais foram pesados em uma balança de precisão de 100 gramas, após jejum alimentar de 16 horas, no primeiro dia do período de adaptação e, posteriormente, a pesagem ocorreu a cada 15 dias durante o período experimental e com jejum alimentar de 16 horas. Após as pesagens, os animais recebiam a dieta ajustada de acordo com a respectiva massa corporal.

As dietas e as sobras foram pesadas em recipientes plásticos individuais com volume de 10L, em balança eletrônica com precisão de duas gramas. As sobras eram recolhidas todos os dias no período da manhã, pesadas, anotadas e armazenadas em sacos de plástico e, a cada semana era realizada a amostra composta por animal.



#### 4.2.4 DIETA, FORNECIMENTO E SOBRAS

Foram estabelecidos três níveis de consumo aos animais: 1,0; 1,75 e 2,5 vezes o consumo de energia de manutenção, segundo o NRC (2007). Segundo este comitê as exigências de energia metabolizável para manutenção variam de 70 a 120 kcal kg massa metabólica, considerou-se a necessidade de 115 kcal kg<sup>0,75</sup> para esta pesquisa. Encontra-se abaixo a composição química dos ingredientes das dietas com proporção volumoso: concentrado (40:60) na dieta experimental (50:50) na dieta utilizada na fase de adaptação (TABELA 1).

TABELA 1. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS INGREDIENTES UTILIZADOS, DIETA UTILIZADA NO PERÍODO DE ADAPTAÇÃO (50:50) E DIETA EXPERIMENTAL (40:60)

Componente <sup>I</sup>	Ingrediente		Relação V:C <sup>II</sup>	
	Tifton 85	Concentrado	50:50	40:60
Umidade (g.kg <sup>-1</sup> )	106,5	110,9	108,7	109,1
MS (g.kg <sup>-1</sup> )	893,5	889,1	891,3	890,9
PB (g.kg <sup>-1</sup> )	120,0	180,7	151,2	157,1
FDN (g.kg <sup>-1</sup> )	653,9	207,1	430,5	385,5
FDA (g.kg <sup>-1</sup> )	305,5	74,5	190	166,9
LIG (g.kg <sup>-1</sup> )	53,3	12,5	32,9	28,8
CNF (g.kg <sup>-1</sup> )	28,1	500,5	264,3	311,6
RM (g.kg <sup>-1</sup> )	72,8	94,5	83,6	85,8
EE (g.kg <sup>-1</sup> )	16,8	40,4	28,6	31
NDT* (g.kg <sup>-1</sup> )	455,9	699,3	577,6	614,5

<sup>I</sup> MS: matéria seca; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; LIG: lignina; CNF: carboidratos não fibrosos; RM: resíduo mineral; EE: extrato etéreo; NDT: nutrientes digestíveis totais;

<sup>II</sup> Relação V:C = Relação volumoso: concentrado

Fonte: O autor (2019).

A dieta experimental continha 2,34 Mcal kg<sup>-1</sup> de energia metabolizável, e o período de adaptação à dieta foi de 15 dias, foi composta por 50% de feno triturado de Tifton 85 (*Cynodon spp.*) e 50% de concentrado comercial peletizado (TABELA 2). O período experimental teve duração de 64 dias com dieta na proporção de 40% de feno de Tifton 85 (*Cynodon spp.*) e 60% de concentrado comercial peletizado.



TABELA 2. COMPONENTES E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO CONCENTRADO COMERCIAL FORNECIDO EM CONFINAMENTO PARA CORDEIROS NO PERÍODO EXPERIMENTAL

Componentes (kg ton <sup>-1</sup> )	Concentrado controle
Milho grão moído	475
Farelo de trigo	320
Farelo de soja	100
Núcleo mineral vitamínico	40
Calcário calcítico	25
Núcleo aromatizante	25
Ureia pecuária	15
Composição química (g.kg MS <sup>-1</sup> )	
Umidade	110,9
Matéria Seca	889,1
Proteína Bruta	180,7
Extrato Etéreo	40,3
FDN	207,1
FDA	74,5
CNF	500,5
Resíduo Mineral	94,5
NDT	699,3
ED* (Mcal. kg MS <sup>-1</sup> )	2,73

FDN: Fibra detergente neutro; FDA; Fibra detergente ácido; CNF: Carboidratos não - fibrosos; NDT: Nutrientes Digestíveis Totais; ED\*: Energia Digestível Estimada.

Fonte: O autor (2019).

A dieta foi fornecida duas vezes ao dia (08:00 e às 14:00), com ajustes de quantidade semanalmente considerando-se sobras diárias no máximo de 10% do ofertado. As sobras foram coletadas, pesadas diariamente e armazenadas em sacos plásticos durante a semana, no período da manhã, de forma que, no final da semana era feita uma composta do saco de cada animal. Logo após a coleta de sobras e pesagem, foi fornecido o primeiro trato da manhã e a outra metade no período da tarde 14:00 horas.

As sobras eram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenadas em freezer horizontal a temperatura de -15°C. Ao final do período de quatro semanas, as sobras eram homogeneizadas para realizar uma nova amostra de sobras composta do período. Esta amostra composta foi dividida em duas partes, a metade utilizada a fim de se determinar o tamanho das partículas e outra para realizar análise bromatológica.

As análises bromatológicas foram processadas no Laboratório de Nutrição Animal da UFPR, Setor Palotina, em que os teores de proteína bruta (PB), extrato

etéreo (EE), lignina (LIG) e resíduo mineral (RM) foram determinadas de acordo com os procedimentos da AOAC (1990). Quanto aos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados segundo Van Soest, Robertson e Lewis (1991).

O teor de carboidratos não-fibrosos (CNF) foi calculado conforme Hall e Akinyode (2000) através da fórmula  $CNF = 100 - ((PB - Pbu + U + EE + RM + FDN))$ . As frações digestíveis de proteína bruta (PBd), extrato etéreo (EEed), carboidratos não-fibrosos (CNFd) e fibra em detergente neutro (FDNd) foram determinadas de acordo com Detmann et al. (2006a, 2006b, 2006c, 2007). Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) e de energia metabolizável (EM) foram estimados pelo NRC (2001).

#### 4.2.5 CRITÉRIOS DE DESEMPENHO, CONSUMO DE MATÉRIA SECA E CONVERSÃO ALIMENTAR

O desempenho animal foi mensurado através do ganho médio diário (GMD) que foi obtido levando-se em consideração o incremento na massa corporal (kg), em um determinado período de tempo (dias). As pesagens dos animais foram realizadas quinzenalmente às 8:00h e com jejum alimentar prévio de 16 horas. Os consumos de MS, PB, NDT e FDN foram obtidos pela diferença entre os nutrientes ofertados e os nutrientes contidos nas sobras. A conversão alimentar foi calculada pela razão entre consumo de matéria seca (CMS) e o ganho médio diário (GMD).

#### 4.2.6 COLETA DE AMOSTRAS DE SANGUE E ANÁLISES BIOQUÍMICAS

As coletas de sangue ocorreram às 08:00 horas do primeiro dia do período experimental, com jejum alimentar de 16 horas para a determinação dos seguintes parâmetros bioquímicos: glicose, ureia, albumina e creatinina. As demais coletas seguiram o mesmo horário, jejum alimentar e frequência de 15 dias até o término do experimento, totalizando cinco coletas.

A coleta de sangue ocorreu após a contenção do animal. Foi realizada a tricotomia e antissepsia do local utilizando algodão e álcool 70%. Em seguida foi realizada a punção da veia jugular com agulhas descartáveis acopladas a sistema a vácuo. De cada animal, coletou-se 10mL de sangue em dois tubos siliconados sem anticoagulante para a determinação de ureia, creatinina e albumina no soro; e 5mL de

sangue em tubo siliconado contendo o anticoagulante fluoreto de sódio (10%) para a análise de glicose no plasma. O material coletado era imediatamente levado ao Laboratório de Patologia Clínica do Hospital Veterinário da Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina. Todos os tubos eram centrifugados por cinco minutos a 3000 rpm para a obtenção do plasma sanguíneo. O plasma de cada animal foi dividido em dois microtubos de 1,5 mL identificados, uma parte para ser analisada bioquimicamente e a outra para ser armazenada (amostra reserva).

As amostras sanguíneas foram previamente descongeladas para a determinação do perfil bioquímico do plasma referente a glicose e do soro referente a ureia, creatinina e albumina, avaliados por técnicas espectrofotométricas, com o uso de kits reagentes específicos (LCI, Produtos Diagnósticos®), em analisador bioquímico automático (MINDRAY BS 120®).

Para avaliação dos níveis de glicose no plasma (Glicose – VIDALT – 17 / 0838A, LCI - Produtos Diagnósticos®), e nitrogênio ureico (Ureia QUIMIURE EBRAMALT – 04756A0628, LCI - Produtos Diagnósticos®), no soro, foram utilizados os métodos de glicose enzimática e ureia enzimática, respectivamente.

A concentração sérica de albumina foi determinada através do método verde de bromocresol (Albumina VIDALT 17 / 0873 – LCI, Produtos Diagnósticos®). A dosagem de creatinina sérica foi determinada segundo metodologia colorimétrica, cujo princípio baseia-se na reação de creatinina com ácido pícrico, em meio alcalino, produzindo picrato de creatina (Creatinina LT – 17 / 0890 – LCI, Produtos Diagnósticos®).

## PARÂMETROS FISIOLÓGICOS

Os parâmetros fisiológicos aferidos foram a frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR) e a temperatura retal °C (TR). Estes parâmetros foram mensurados duas vezes por semana, sendo um no período da manhã (de 07:30 a 09:30 horas) e outro no período da tarde (de 13:00 a 15:00 horas), antes do fornecimento do trato aos animais para evitar agitação e interferência de ruídos do trato gastrointestinal durante a auscultação. Também, levou-se em consideração aferir os parâmetros fisiológicos de forma aleatória, sempre alterando a ordem dos animais.

A FR e a FC foram mensuradas com o auxílio de estetoscópio durante 1 minuto conforme Smith (2009). A FR foi mensurada com foco no tórax ventral esquerdo entre a 3° e 6° costela. O foco de auscultação da FC foi entre a 3° e 5° EIC do lado esquerdo, correspondendo aos focos aórtico, pulmonar e mitral, ou do lado direito entre a 3° e 4° EIC correspondendo ao foco da válvula tricúspide. A TR foi aferida com o auxílio de termômetro clínico digital introduzido no reto do animal, inclinando - o para a parede do reto.

#### 4.2.8 ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE (ITU)

A temperatura e a umidade relativa do ar foram registradas diariamente através do termohigrômetro, em intervalos de 30 minutos. Os dados gerados foram utilizados para o cálculo do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e foram fracionados para os períodos da manhã, tarde e de 24 horas dos dias de mensurações dos parâmetros fisiológicos.

#### 4.2.9 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

0,6

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com três tratamentos e oito repetições, em que os tratamentos foram caracterizados pelos níveis prévios de energia na dieta de 1,00; 1,75 e 2,50 vezes a exigência de ingestão de energia para manutenção.

#### 4.2.10 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

##### 4.2.10.1 CORRELAÇÃO CONSUMO X VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo modelo linear geral (PROC GLM) em relação aos níveis de oferta de alimento. Quando esse efeito foi significativo ( $P < 0,05$ ), procedeu-se a análise de correlação (PROC CORR) entre as variáveis de consumo e as variáveis climáticas dentro de cada nível de oferta de alimento. Posteriormente, realizou-se a análise de regressão (PROC REG) entre as variáveis que apresentaram correlação significativa ( $P < 0,05$ ), considerando as variáveis climáticas como independentes e as variáveis de consumo como

dependentes (ou resposta) no modelo. As análises de regressão foram realizadas até segunda ordem (quadrática) dentro de cada nível de oferta de alimento. As análises foram realizadas no programa *Statistical Analysis System* (SAS), versão 9.0.

#### 4.2.10.2 METABÓLITOS SANGUÍNEOS

Os dados foram analisados em modelo misto (PROC MIXED) com medidas repetidas no tempo, no qual foram considerados os efeitos fixos de níveis de oferta de alimento (2 graus de liberdade – GL), dias de coleta de sangue (4 GL) e de interação entre esses fatores (8 GL); e o efeito aleatório de animal. A estrutura de erros mais adequada para as variáveis analisadas foi determinada de acordo com os critérios de informação de Akaike corrigido (AICC) e Bayesiano (BICC). As médias foram ajustadas ao modelo estatístico (PROC LSMEANS) e quando o efeito fixo de nível de oferta de alimento foi significativo ( $P < 0,05$ ), procedeu-se a análise de regressão (PROC REG) até segunda ordem (quadrática). As análises foram realizadas no programa *Statistical Analysis System* (SAS), versão 9.0.

#### 4.2.10.3 CORRELAÇÃO PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E PERÍODOS DO DIA X VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

Os dados foram analisados em modelo de parcelas subdivididas (PROC GLM), em que a parcela foi caracterizada pelos níveis de oferta de alimento e a subparcela correspondeu ao período do dia (manhã e tarde). Quando houve efeito isolado ou interação entre esses fatores ( $P < 0,05$ ), procedeu-se a análise de correlação (PROC CORR) entre os parâmetros fisiológicos e as variáveis climáticas dentro de cada nível de oferta de alimento, período do dia e dentro da combinação entre esses fatores. Posteriormente, realizou-se a análise de regressão (PROC REG) entre as variáveis que apresentaram correlação significativa ( $P < 0,05$ ), considerando as variáveis climáticas como independentes e os parâmetros fisiológicos como variáveis dependentes (ou resposta) no modelo. As análises de regressão foram realizadas até segunda ordem (quadrática) dentro de cada nível de oferta de alimento, período do dia e dentro da combinação entre esses fatores. As análises foram realizadas no programa *Statistical Analysis System* (SAS), versão 9.0.

#### 4.2.10.4 PARÂMETROS FISIOLÓGICOS X TRATAMENTOS

Os dados foram analisados em modelo misto (PROC MIXED) com parcelas subdivididas e medidas repetidas no tempo, em que a parcela foi caracterizada pelos níveis de oferta de alimento, a subparcela correspondeu ao período do dia (manhã e tarde) e o tempo foi caracterizado pelos dias de avaliação dos parâmetros fisiológicos. O nível de oferta de alimento (2 graus de liberdade – GL), o período do dia (1 GL) e suas interações (2 GL), bem como o tempo (7 GL) foram considerados efeitos fixos no modelo; o animal e a interação animal x níveis de oferta de alimento (controle do erro associado à parcela) foram incluídos como efeitos aleatórios no modelo. As médias foram ajustadas ao modelo estatístico (PROC LSMEANS) e quando houve efeito isolado e/ou interação entre os efeitos estudados ( $P < 0,05$ ), procedeu-se a análise de regressão (PROC REG) em relação aos níveis de oferta de alimento até segunda ordem (regressão quadrática), e o teste F (PROC LSMEANS) para a comparação das médias entre os períodos do dia. As análises foram realizadas no programa *Statistical Analysis System* (SAS), versão 9.0.

#### 4.2.10.5 DESEMPENHO

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo modelo linear geral (PROC GLM) em relação aos níveis de oferta de alimento. Quando esse efeito foi significativo ( $P < 0,05$ ), procedeu-se a análise de regressão (PROC REG) até segunda ordem (quadrática). As análises foram realizadas no programa *Statistical Analysis System* (SAS), versão 9.0.

### 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se efeito de tratamento ( $p < 0,05$ ) sobre os parâmetros metabólicos, com exceção da albumina (TABELA 3).

TABELA 3. PARÂMETROS BIOQUÍMICOS DE CORDEIROS ALIMENTADOS COM TRÊS NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL PRÉVIOS

Metabólito	Níveis de consumo de energia metabolizável de manutenção (CEMm)			Média	EPM	Valor P
	1	1,75	2,5			
Albumina (g.L <sup>-1</sup> )	3,61	3,77	3,83	3,74	0,0269	0,1913
Creatinina (mg.dL <sup>-1</sup> )	1,36	1,22	1,16	1,25	0,0204	0,0379
Ureia (mg.dL <sup>-1</sup> )	36,10	39,70	45,71	40,5	0,8437	0,0008
Glicose (mg.dL <sup>-1</sup> )	73,23	76,20	80,96	76,8	0,7684	0,0454

Creatinina = - 0,1331 \* Trat + 1,4817 ( $R^2 = 0,949$ )

Ureia = 6,3721 \* Trat + 29,3349 ( $R^2 = 0,979$ )

Glicose = 5,1822 \* Trat + 67,6833 ( $R^2 = 0,982$ )

FONTE: O autor (2019).

Para a variável albumina sérica, não foi verificado efeito de tratamento ( $p > 0,05$ ) obtendo-se média de 3,74 g dL<sup>-1</sup>. Comparando os resultados de albumina com as referências citadas por Kaneko, Harvey e Bruss (2008) e Gonzáles e Silva (2017), pode-se observar uma concentração acima do referenciado (3,74 vs. limite de 3,0 g dL<sup>-1</sup>). Considerando-se que a albumina está relacionada com o perfil proteico (GONZÁLES e SILVA, 2017), esperava-se um aumento progressivo nos níveis de albumina sérica em função do maior aporte de proteína entre os tratamentos, mas ainda temos de considerar a relação da albumina com a idade do animal, que quando cordeiros suas dosagens são maiores e diminuem até atingir a idade adulta. Deste modo, González (2018) diz que o valor de referência de albumina para ovinos é de 2,6 a 4,2 g dL<sup>-1</sup>, sendo assim os valores deste estudo podem ser considerados dentro da normalidade, mesmo para animais com alimentação restrita (tratamento 1,0 e 1,75).

Com relação a concentração de creatinina, verificou-se redução linear ( $p < 0,05$ ) em função dos tratamentos. Entre os níveis de CEMm de 1,0 e 2,5 houve redução de 1,36 para 1,16 mg dL<sup>-1</sup>. Tal resultado pode estar relacionado a uma diminuição da proteólise muscular de acordo com os níveis crescentes de energia na dieta. Sabendo-se que a creatinina é uma variável dependente do catabolismo da dieta e é proporcional a massa muscular e pode diminuir sua concentração em situações de catabolismo proteico no músculo (GONZÁLES e SILVA, 2017).

Os resultados encontrados neste estudo são bem próximos aos valores de referência para creatinina segundo Kaneko, Harvey e Bruss (2008) e Gonzáles e Silva (2017) que variam de 1,2 a 1,9 mg dL<sup>-1</sup>.

Quanto a ureia, os níveis aumentaram linearmente ( $p < 0,05$ ) de 36,1 para 45,71 mg dL<sup>-1</sup> entre os níveis de 1,0 e 2,5 vezes o CEMm. O aumento da ureia pode estar relacionado ao aumento de ingestão de PB conforme os níveis crescentes de alimentação.

Comparando-se a média de ureia de 40,50 mg dL<sup>-1</sup> obtida dos tratamentos com os valores de referência de 8 e 20 mg dL<sup>-1</sup> verifica-se que os valores de ureia se encontram elevados. Entretanto, o teor de ureia pode ser variável, normalmente de menos de 15 a mais de 40 mg dL<sup>-1</sup> (KOZLOSKI, 2016), como foi observado neste estudo. Isto pode ser relacionado a maior proporção de concentrado na dieta (60% na matéria seca) e a uma exigência de proteína menor que o predito pelo NRC (2007) e, desta forma suplantou a capacidade de utilização dos microrganismos ruminais havendo maior absorção de amônia ruminal. Provavelmente o aumento nos níveis de ureia está relacionado com a maior ingestão de proteína nos níveis de maior CEMm.

A glicose também sofreu efeito linear crescente ( $p < 0,05$ ), com variação de 73,23 para 80,96 mg dL<sup>-1</sup> entre os níveis de 1,0 e 2,5 vezes o CEMm. O aumento da glicose plasmática pode ter sido determinado pela maior disponibilidade de carboidratos e, conseqüentemente, pelo aumento da síntese de propionato no rúmen de acordo com os crescentes níveis de alimentação. Pode ainda ser atribuído a maior absorção de glicose no intestino delgado (VAN SOEST, 1994).

Durante situações de baixa disponibilidade de energia, há o estímulo da degradação da reserva de glicogênio hepático e da síntese de novo de glicose no fígado (GONZÁLEZ e SILVA, 2017). Deste modo, como o nível de glicose sofreu poucas variações em função de mecanismos homeostáticos eficientes durante o período de restrição alimentar, os valores obtidos podem ser considerados normais para ovinos comparando-os com os valores de referência para ovinos segundo Kaneko, Harvey e Bruss (2008) e Gonzáles e Silva (2017), que variam de 50 a 80 mg dL<sup>-1</sup>.

Comparando-se os valores médios encontrados neste estudo com os de Herzog (2018) que trabalhou com níveis de inclusão de sacarose na dieta para cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês, os valores verificados neste estudo são semelhantes para albumina (3,74 vs. 2,74g dL<sup>-1</sup>) e creatinina (1,25 vs. 1,23 mg dL<sup>-1</sup>), entretanto para ureia (40,50 vs. 57,76 mg dL<sup>-1</sup>) e glicose (76,80 vs. 94,96 mg dL<sup>-1</sup>) os valores verificados neste estudo são 42,6 e 23,5% inferiores aos verificados pelo



respectivo autor. Deste modo, verifica-se que o nível de nutrientes na dieta pode modificar o perfil metabólico sanguíneo.

Pereira et al. (2018), trabalhando com restrição alimentar para cordeiros de diferentes idades e condições sexuais encontraram resultados semelhantes aos verificados neste estudo, em que os valores de glicose e ureia no sangue foram maiores para o tratamento *ad libitum* comparado aos níveis de restrição de 300 e 600 g dia<sup>-1</sup> e tais metabólitos, incluindo a albumina também variaram em função da idade.

Madureira, Gomes e Barcelos (2013), buscando estabelecer parâmetros bioquímicos para ovinos da raça Dorper encontrou médias para ureia de 52 mg dL<sup>-1</sup>, de albumina 2,8 mg dL<sup>-1</sup> e creatinina de 1,2 mg dL<sup>-1</sup> para ovinos de até 12 meses de idade. Estes resultados corroboram com o estudo em questão, ambos com valores de ureia acima do limiar, normais para creatinina e semelhantes para albumina.

Quanto aos parâmetros fisiológicos, houve correlação positiva e significativa ( $p < 0,001$ ) entre as variáveis FR e TR e o ITU para todos os tratamentos. A correlação para FR foi significativa para a interação entre tratamento e período, sendo que no período da manhã no tratamento 1,0 a correlação foi de 0,27 e de 0,62 para o período da tarde. Quanto ao tratamento 1,75 a correlação foi de 0,37 para o período da manhã e de 0,57 para o período da tarde.

Em relação ao tratamento 2,5 a correlação ocorreu isoladamente para tratamento e período. Para tratamento, a FR teve correlação de 0,57 e a TR de 0,42. Já para o período, o turno da manhã teve correlação de 0,21 para FR e de 0,28 para TR, e no período da tarde houve interação de 0,49 para FR e de 0,28 para TR.

Estas correlações entre períodos e parâmetros fisiológicos confirmam a influência das variáveis climáticas sob os resultados e demonstraram que a medida que há aumento do índice de temperatura e umidade (ITU) aumenta-se também a intensidade das variáveis relacionadas aos parâmetros fisiológicos.

O valor médio, mínimo e máximo de ITU durante o experimento foram de 67; 35 e 81 respectivamente. Considerando os horários em que foram realizadas as avaliações dos parâmetros fisiológicos, o período da tarde apresentou índices médio, mínimo e máximo de ITU (74; 68 e 78), superiores ao período da manhã, que corresponderam 60; 35 e 72, respectivamente. De acordo com Hahn (1985), esses valores indicam que os cordeiros enfrentaram condição crítica de estresse (ITU de 71 a 78).

Com relação a FR foi verificado ( $p < 0,05$ ) interação entre os níveis de consumo e o período do dia (TABELA 4).

TABELA 4. MÉDIAS DOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE CORDEIROS ALIMENTADOS COM TRÊS NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL PRÉVIOS

Variável	Período	Níveis de consumo de energia metabolizável de manutenção (CEMm)			Média	EPM <sup>I</sup>	Valor de P		
		1	1,75	2,5			Trat	Período	T x P
FR <sup>II</sup> (Mov. min <sup>-1</sup> )	Manhã	32 b	42 b	43 b	39	1,6	0,0013	< 0,0001	< 0,0001
	Tarde	54 a	77 a	88 a	73				
	Média	43	59	66	56				
FC <sup>III</sup> (Bat. min <sup>-1</sup> )	Manhã	82	91	98	91 b	1	0,001	< 0,0001	0,2027
	Tarde	87	102	107	99 a				
	Média	85	96	103	95				
TR <sup>IV</sup> (°C)	Manhã	38,2	38,5	38,7	38,5 b	0,03	0,0206	< 0,0001	0,6691
	Tarde	38,8	39	39,2	39,0 a				
	Média	38,5	38,8	38,9	38,7				

Letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Tukey-Kramer ( $P < 0,05$ )

<sup>I</sup>EPM: Erro padrão médio; <sup>II</sup>FR: frequência respiratória; <sup>III</sup>FC: frequência cardíaca; <sup>IV</sup>TR: temperatura retal

FR (manhã) =  $7,5945 * \text{Trat} + 25,7725$   $R^2 = 0,839$

FR (tarde) =  $22,7552 * \text{Trat} + 33,0561$   $R^2 = 0,965$

FC =  $11,8101 * \text{Trat} + 73,9770$   $R^2 = 0,970$

TR =  $0,3129 * \text{Trat} + 38,1808$   $R^2 = 0,981$

FONTE: O autor (2019).

As médias de FR foram maiores no período da tarde. Houve efeito linear crescente dos níveis de CEMm sobre a FR para ambos os períodos do dia, com aumento de 32 para 43 movimentos min<sup>-1</sup> no período da manhã, e de 54 para 88 movimentos min<sup>-1</sup> no período da tarde entre os níveis de 1,0 e 2,5. Considerando o período do dia maiores temperaturas demandam maior ritmo respiratório a fim de se aumentar a dissipação de calor via evaporativa pulmonar, uma vez que os animais apresentavam moderada cobertura de lã, que impede o processo evaporativo através da pele (KLEIN, 2014).

Segundo Feitosa (2004) os valores de referência normais de FR para cordeiros jovens variam de 36 a 48 movimentos min<sup>-1</sup>. Entretanto, quando comparado estes valores de referência com as médias deste estudo obtidas no período da manhã e da tarde (39 vs. 73 movimentos min<sup>-1</sup>), verificou-se que apenas o período da manhã obteve valores dentro da normalidade.

Comparando-se a classificação de estresse por calor com base na FR proposta por Silanikove (2000), demonstrou que os cordeiros do nível 1,0 de consumo

com a média de 54 movimentos  $\text{min}^{-1}$  sofreram baixa alteração fisiológica (40 a 60 movimentos  $\text{min}^{-1}$ ); enquanto o nível 1,75 com média de 77 movimentos  $\text{min}^{-1}$  sofreram estresse de médio (60 a 80 movimentos  $\text{min}^{-1}$ ), ao passo que para o nível 2,5 obteve-se média de 88 movimentos  $\text{min}^{-1}$  os animais passaram por estresse considerado alto (80 a 120 movimentos  $\text{min}^{-1}$ ).

Verificou-se efeitos isolados dos níveis de CEMm e do período do dia na FC dos cordeiros (TABELA 4). Esse parâmetro apresentou comportamento linear crescente, alcançando valor máximo de 107 batimentos  $\text{min}^{-1}$  no nível de 2,5. Tal aumento pode estar relacionado ao aumento do metabolismo com maior demanda de nutrientes pelos tecidos e consequentemente maior aumento na irrigação sanguínea.

Quanto ao período do dia, médias superiores foram registradas a tarde em relação a manhã (99 vs. 91 batimentos  $\text{min}^{-1}$ ). Este efeito também está relacionado com a maior ITU no período da tarde e do mecanismo de vasodilatação periférica que elevou a FC no período da tarde para dissipação de calor (SANTANA et al., 2017). Entretanto, as médias de FC de 91 e 99 batimentos  $\text{min}^{-1}$  estiveram dentro dos valores de referência para ovinos segundo Feitosa (2004), que varia de 90 a 115 batimentos  $\text{min}^{-1}$ .

A TR também foi influenciada de forma isolada pelos níveis de CEMm e pelo período do dia (TABELA 4). Houve efeito linear crescente dos tratamentos sobre a TR, que aumentou de 38,5 para 39 °C entre os níveis de 1,0 e 2,5 CEMm. Verificou-se maiores valores de TR no período da tarde comparado ao período da manhã (39,0 vs. 38,5 °C). No entanto, os valores de TR encontravam-se dentro do valor de referência de 38,5 a 39,9°C citadas por Klein (2014).

Resultados maiores para os parâmetros de FR, FC e TR também foram observados no período da tarde em relação ao período da manhã por Santana et al. (2017), que trabalharam com parâmetros fisiológicos de ovinos adultos da raça Santa Inês e cruzados Dorper X Santa Inês. Deste modo, os resultados obtidos nesta pesquisa sugerem que os cordeiros passaram por períodos consideráveis de estresse por calor, mesmo a pesquisa sendo realizada durante os meses de inverno.

Conforme os níveis de CEMm aumentaram, o aumento do consumo de energia metabolizável pode ter provocado aumento no metabolismo e consequentemente aumento do incremento calórico nos cordeiros, pois todos os parâmetros aumentaram de forma crescente em relação aos níveis de CEMm e foram inferiores para os animais mantidos sob restrição alimentar. Apesar de não ter sido avaliado o tamanho

das vísceras, tais resultados podem ter relação com a diminuição do uso de energia para manutenção e do tamanho do fígado e do trato gastrointestinal.

A elevação de TR pode ter aumentado e intensificado os mecanismos compensatórios para a dissipação de calor proveniente da dieta e do ambiente com o aumento da FR e da FC dos cordeiros, principalmente no período da tarde.

Filho et al. (2011), trabalharam com a zona de conforto térmico para borregas da raça Santa Inês com base nas respostas fisiológicas, quando submetidas a temperaturas de 10 a 40°C verificaram que a temperatura de 25°C em umidade relativa de 65% pode ser considerada o limite para a zona de conforto térmico devido ao menor esforço fisiológico para a manutenção da homeostasia. Assim como, os valores de FR, FC e TR obtidos neste estudo foram de  $20 \pm 3$  movimentos  $\text{min}^{-1}$ ;  $86,3 \pm 11$  batimentos  $\text{min}^{-1}$  e  $38,3 \pm 0,2$  °C, respectivamente, considerados inferiores em relação ao estudo de Filho et al. (2011).

Em geral, houve correlação significativa ( $p < 0,0001$ ) de 0,15 entre ITU e o consumo de nutrientes (CMS, CPB, CNDT e CFDN). Não houve correlação significativa ( $p > 0,0001$ ) entre ITU, UR e T°C e o consumo de nutrientes para o nível de 1,0 x a Energia Metabolizável de manutenção. Já para os níveis de 1,75 e 2,5 houve correlação significativa entre o ITU e CMS, CPB, CNDT e CFDN de 0,24 e 0,42 respectivamente. Considerando-se o valor médio, mínimo e máximo de ITU durante o experimento de 67; 35 e 81 respectivamente pode-se afirmar que tais resultados indicam que o clima impactou de forma positiva, pois conforme o ITU aumentou, verificou-se aumento no consumo de nutrientes.

Quanto ao desempenho dos cordeiros durante o período experimental (TABELA 5), a variável peso corporal inicial não foi significativa ( $p > 0,05$ ) para os tratamentos, o que pode ser explicado pela homogeneidade dos pesos dos animais selecionados.

TABELA 5. DESEMPENHO DE CORDEIROS ALIMENTADOS COM DIFERENTES NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL PRÉVIOS

Variável	Níveis de consumo de energia metabolizável de manutenção (CEMm)			Média	EPM	Valor P
	1	1,75	2,5			
PC inicial (kg)	20,43	21,30	21,33	21,02	0,80	0,8797
PC final (kg)	23,94	32,73	36,63	31,10	1,64	0,0016
CMS (g.dia <sup>-1</sup> ) <sup>I</sup>	528,04	919,10	1157,69	868,28	63,54	< 0,0001
CPB (g dia <sup>-1</sup> ) <sup>II</sup>	82,96	144,39	181,87	136,41	9,98	< 0,0001
CFDN (g.dia <sup>-1</sup> ) <sup>III</sup>	197,80	344,20	433,55	325,18	23,79	< 0,0001
CNDT (g.dia <sup>-1</sup> ) <sup>IV</sup>	324,48	564,79	711,40	533,56	39,04	< 0,0001
GMD (g.dia <sup>-1</sup> ) <sup>V</sup>	54,88	178,52	239,07	157,49	18,67	< 0,0001
CA (kg MS kg ganho <sup>-1</sup> ) <sup>VI</sup>	9,48	5,38	4,92	6,59	0,58	0,0003

<sup>I</sup>CMS: consumo de matéria seca; <sup>II</sup>CPB: consumo de proteína bruta; <sup>III</sup>CFDN: consumo de fibra detergente neutra; <sup>IV</sup>CNDT: consumo de nutrientes digestíveis totais; <sup>V</sup>GMD: ganho médio diário;

<sup>VI</sup>CA: conversão alimentar

\*Equações de regressão:

PC<sub>final</sub> = 8,5364 \* Trat + 16,1961 R<sup>2</sup> = 0,953

CMS = 422,1295 \* Trat + 130,7306 R<sup>2</sup> = 0,981

CPB = 66,3176 \* Trat + 20,5372 R<sup>2</sup> = 0,981

CFDN = 158,0575 \* Trat + 49,0261 R<sup>2</sup> = 0,981

CNDT = 259,3976 \* Trat + 80,3368 R<sup>2</sup> = 0,981

GMD = 123,7661 \* Trat - 58,6122 R<sup>2</sup> = 0,962

CA = 3,2251 \* Trat<sup>2</sup> (-14,3249 \* Trat) + 20,5756 R<sup>2</sup> = 1,000

FONTE: O autor (2019).

As variáveis peso corporal final, CMS, CPB, CFDN, CNDT e GMD tiveram efeito de tratamento ( $p < 0,05$ ). Tais resultados eram esperados e apenas foram confirmados, pois a restrição dos níveis de oferta de energia metabolizável da dieta limitou a quantidade de ácidos graxos sintetizados da dieta permitindo tal desempenho.

O tratamento *ad libitum* (2,5 CEMm) teve o maior GMD e pode ser considerado o nível ideal. Quanto ao nível de manutenção teve um pequeno ganho de peso de 54,9 g, mas pode ser considerado semelhante a manutenção porque usou-se dados do NRC (2007) para estabelecer a dieta, preconizados para raças de grande porte, não incluindo mestiços da raça Santa Inês desenvolvidos no Brasil.

Em relação a conversão alimentar, esta teve efeito quadrático ( $p < 0,05$ ) em função do CEMm, sendo maior para o nível de manutenção, claramente devido ao baixo ganho de peso obtido neste tratamento, sendo a energia usada para manutenção corporal dos tecidos.

No entanto, quando se compara o nível de restrição alimentar de 1,75 com  $5,38 \pm 0,48$  de CA com o nível *ad libitum* de 2,5 que obteve  $4,92 \pm 0,31$  de CA,

evidencia-se que há uma pequena diferença de 0,46. Entretanto, pelo ponto de vista econômico, a conversão mínima ao nível de 2,22 CEMm com CA de 4,67 parece ser a melhor opção.

Xu et al. (2015), trabalharam com restrição alimentar para cordeiros cruzados Dorper x *Small Tail*, com níveis *ad libitum*, 70% e 40% da restrição da ingestão da alimentação *ad libitum*, obtiveram valores de consumo semelhantes aos obtidos nesta pesquisa para os níveis de 2,5 CEMm (1,017 vs. 1,158 kg); 1,75 CEMm (0,783 vs. 0,919 kg) e 1,0 CEMm (0,495 vs. 0,528 g), e CA para o nível 2,5 CEMm (3,23 vs. 4,92), para o nível 1,75 CEMm (4,14 vs. 5,38) e para 1,0 CEMm (13,02 vs. 9,48). Quando se calcula o consumo em relação ao peso corporal médio para os níveis *ad libitum* (3,8 % vs. 4%), para o nível 1,75 CEMm (3,2 vs. 3,4%) e para 1,0 CEMm (2,4 vs. 2,3), nota-se que os consumos foram muito parecidos e estão de acordo com os resultados desta pesquisa.

Ding et al. (2016), trabalharam com restrição alimentar para cordeiros machos, de três meses de idade *Small – Tail*, com relação de volumoso: concentrado 40:60, verificaram para os níveis controle (*ad libitum*), 85; 75 e 60% de restrição da ingestão *ad libitum* o consumo em relação ao peso corporal médio foi de 5,92; 5,2; 4,4 e 3,6 %, com GMD de 0,227; 0,162; 0,123 e 0,045 g e CA de 6,91; 8,33; 9,27 e 20,66. Comparando-se tais resultados com os resultados obtidos nesta pesquisa para os níveis 1,0; 1,75 e 2,5 CEMm para consumo em relação ao peso corporal (2,4; 3,4 e 4%), GMD (0,055; 0,178 e 0,239 g) e CA (9,48; 5,38 e 4,92), pode-se observar que a restrição alimentar proporcionou GMD semelhantes, mesmo com consumo e conversão com valores diferentes.

Hornick et al. (2000), relataram que durante a fase de restrição alimentar ocorrem mudanças principalmente relacionada ao aumento da secreção do hormônio de crescimento pela glândula pituitária e diminuição do número de receptores. No entanto, os autores ainda dizem que os altos níveis de GH agem aumentando a mobilização de tecido adiposo para auxiliar na manutenção energética corporal e caso a restrição seja de forma severa, os hormônios catabólicos também vão agir liberando aminoácidos das células musculares para uso na gliconeogênese hepática.

Não foram avaliadas as características da carcaça, bem como seus componentes, pois certamente retrataria uma nítida diminuição da gordura corporal e visceral como foi observado por Nobrega et al. (2013), trabalhando com restrição prévia de 0, 20, 40 e 60 % da alimentação *ad libitum* para ganho compensatório de

cordeiros Santa Inês observaram em seu estudo que o corte comercial de lombo passou a ser mais leve, além de que as pernas apresentaram menor musculatura, a carcaça apresentou menor teor de gordura e as fibras musculares diminuíram seu diâmetro, atribuindo essa diferença ao nível de energia metabolizável da dieta.

O tamanho dos órgãos também pode ser apontado como possível adaptação dos cordeiros durante o período de alimentação restrita, pois animais submetidos ao nível de manutenção podem ter o crescimento muscular próximo a zero porque a síntese de tecido muscular diminui drasticamente em associação com a acentuada redução das vísceras metabolicamente ativas, como é o caso de fígado e do intestino até que um novo equilíbrio no metabolismo basal seja atingido (HORNICK et al., 2000).

## **6 CONCLUSÃO**

O nível de ingestão de energia metabolizável na dieta pode modificar os parâmetros metabólicos e fisiológicos de ovinos, em condições de confinamento.

As recomendações de energia para manutenção de ovinos em crescimento do NRC (2007) foram superestimadas para condições do presente estudo, uma vez que os animais do nível de manutenção apresentaram ganho de peso.



## 7 CAPÍTULO 2 – DESEMPENHO, PARÂMETROS METABÓLICOS E FISIOLÓGICOS DE CORDEIROS MESTIÇOS DORPER X SANTA INÊS, SUBMETIDOS À REALIMENTAÇÃO

### RESUMO

A condição prévia nutricional ao qual cordeiros são submetidos, tem influência sobre o ganho médio diário e o custo de alimentação. O ganho compensatório pode ser obtido através de alterações no metabolismo energético e proteico, bem como tamanho de órgãos e tecidos internos. Objetivou-se, com este estudo, avaliar o desempenho, parâmetros metabólicos e fisiológicos, bem como a variação em parâmetros fisiológicos frente as condições ambientais de cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês submetidos a três níveis prévios de restrição alimentar. Foram utilizados 24 cordeiros machos não castrados, mestiços Dorper x Santa Inês, com seis meses de idade e  $26,5 \pm 7$  kg de peso corporal ao início do experimento. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com três tratamentos e oito repetições, onde os tratamentos foram caracterizados por três níveis prévios de CEMm (1,0; 1,75 e 2,5). O período de realimentação *ad libitum* teve duração de 42 dias, incluindo o período de adaptação e, foi definido com base no tempo médio necessário para que o peso corporal (PC) atingisse 37 kg. Os cordeiros receberam dietas compostas por 40% de feno de Tifton 85 triturado e 60% de concentrado na matéria seca (MS). A dieta foi isoproteica e isoenergética, contendo 157 g kg de MS de proteína bruta (PB) e 614 g kg MS de nutrientes digestíveis totais (NDT), com 2,34 Mcal de energia metabolizável. As concentrações de albumina e glicose não foram influenciadas ( $P > 0,05$ ). A creatinina teve efeito de tratamento ( $p < 0,05$ ), sendo superior para os tratamentos 1,0 e 2,5 CEMm, com médias de 1,24 e 1,22 mg dL<sup>-1</sup>. Verificou-se ( $p < 0,05$ ) efeito de tratamento para níveis séricos de ureia o qual foi superior (46,47 mg dL<sup>-1</sup>), no tratamento 2,5. Com relação aos parâmetros fisiológicos, verificou-se ( $p < 0,05$ ) maiores valores para FR nos níveis 1,0 e 1,75 (97 e 94 movimentos minuto<sup>-1</sup>). Verificou-se ainda ( $p < 0,05$ ) influência do período do dia sobre a FR, FC e TR. Os respectivos valores nos períodos da manhã e tarde foram de: 64 e 103 movimentos minuto<sup>-1</sup>; 116 e 109 batimentos minuto<sup>-1</sup>; 39,4 e 39,0°C. Os níveis 1,0 e 1,75 de CEMm apresentaram melhor GMD comparado ao nível de 2,5 (319,9 vs. 238 g dia<sup>-1</sup>). Da mesma forma verificou-se ( $p < 0,05$ ) menor tempo de confinamento para os animais do tratamento 1,0 e 1,75 comparado ao tratamento 2,5 (35,5 vs. 54 dias). A restrição alimentar é uma alternativa para obter bons índices de desempenho de ovinos confinados, sendo provável que o mecanismo associado ao ganho compensatório envolva a redução das necessidades de manutenção.

Palavras-chave: *Ad libitum*. Ganho compensatório. Ganho médio diário. Metabolismo. Realimentação.



## ABSTRACT

The previous nutritional condition to which lambs are submitted has an influence on the average daily gain and the cost of feeding. Compensatory gain can be obtained through changes in energy and protein metabolism, as well as size of internal organs and tissues. The aim of this study was to evaluate the performance, metabolic and physiological parameters, as well as the variation in physiological parameters in relation to the environmental conditions of Dorper x Santa Inês crossbred lambs submitted to three previous levels of feed restriction. Twenty-four male lambs, Dorper x Santa Inês crossbreds, six months old and  $26.5 \pm 7$  kg body weight were used at the beginning of the experiment. The experimental design was completely randomized (DCR), with three treatments and eight replications, where the treatments were characterized by three previous levels of CMEm (1.0, 1.75 and 2.5). The *ad libitum* realimentation period lasted 42 days, including the adaptation period and was defined based on the average time required for body weight (BW) to reach 37 kg. The lambs received diets composed of 40% Tifton 85 hay and 60% dry matter concentrate (DM). The diet was isoprotein and isoenergetic, containing  $157 \text{ g kg}^{-1}$  of crude protein (CP) DM and  $614 \text{ g kg}^{-1}$  of total digestible nutrients (TDN), with 2.34 Mcal of metabolizable energy. The concentrations of albumin and glucose were not influenced ( $p > 0.05$ ). Creatinine had a treatment effect ( $p < 0.05$ ), being higher for treatments 1.0 and 2.5 CMEm, with averages of 1.24 and 1.22  $\text{mg dL}^{-1}$ . The treatment effect for serum urea levels was higher ( $46.47 \text{ mg dL}^{-1}$ ) at treatment 2.5 ( $p < 0.05$ ). Regarding the physiological parameters, there were ( $p < 0.05$ ) higher values for RF at levels 1.0 and 1.75 (97 and 94 movements  $\text{minute}^{-1}$ ). It was also verified ( $p < 0.05$ ) influence of the day period on the RF, HC and RT. The respective values in the morning and afternoon periods were: 64 and 103 movements  $\text{minute}^{-1}$ , 116 and 109 beats  $\text{minute}^{-1}$ ; 39.4 and 39.0 ° C. Levels 1.0 and 1.75 of CMEm presented better ADG compared to the level of 2.5 (319.9 vs. 238  $\text{g day}^{-1}$ ). Likewise, ( $p < 0.05$ ) shorter confinement time was observed for treatment animals 1.0 and 1.75 compared to treatment 2.5 (35.5 vs. 54 days). Feed restriction is an alternative to obtain good performance indexes for confined sheep, and the mechanism associated to compensatory gain is likely to involve the reduction of maintenance needs.

Keywords: *Ad libitum*. Average daily gain. Compensatory gain. Metabolism. Realimentation.

## 7.1 INTRODUÇÃO

A produção de carne ovina tem sido uma boa opção para pequenos e médios produtores em função do preço pago ao produtor, do curto ciclo de produção dos ovinos, da disponibilidade de raças adaptadas, a não dependência de grandes áreas para a produção de alimentos, dentre outros. Um dos fatores que tem afetado a produção de carne, na maior parte do território, é a carência alimentar, principalmente durante o inverno.

Uma das alternativas para esse problema seria o confinamento dos animais neste período. Entretanto salienta-se que a técnica de confinamento geralmente apresenta altos custos e neste sentido deve-se focar no uso de alimentos de baixo custo e de animais com elevado potencial de ganho de peso.

Com relação ao custo de produção pode-se dizer que este pode variar de acordo com vários fatores, dentre eles, o ganho médio diário e o custo de alimentação e que, tais fatores combinados podem convergir a uma produção sustentável. A respeito do ganho de peso, sabe-se que este tem relação direta com o grupo genético utilizado (MUNIZ, 2012) e com a condição prévia de nutrição que é ofertada aos animais (HOMEM JUNIOR et al., 2007).

O efeito do ganho compensatório foi reportado ainda há mais de 50 anos por Wilson e Osbourn (1960) e Allden (1970). Segundo Thomson, Bickel e Schurch (1982) e Hornick et al. (2000), este ganho pode ser explicado, em partes, pela redução nos requerimentos de manutenção, pela redução no metabolismo da massa corporal, e aumento na eficiência na utilização dos alimentos. Segundo Greeff et al. (1986), a intensidade da restrição prejudica o consumo, eficiência de utilização dos nutrientes e a taxa de ganho de peso. Esse maior desempenho de animais que passaram por restrição após a realimentação pode ser uma importante estratégia dentro de um sistema de produção animal (O'DONOVAN, 1984; LAWRENCE e FOWLER, 2002). Dashtizadeh et. al. (2008), trabalharam com pequenos ruminantes e verificaram que os animais submetidos a 75 dias de restrição (nível de manutenção) apresentaram maior ganho de massa corporal e menores conteúdos de gordura corporal comparado aos animais que não passaram por restrição alimentar.

Animais submetidos a restrição alimentar modificaram seu metabolismo a fim de poupar nutrientes e garantir a sua sobrevivência. Tais alterações, certamente influenciaram o metabolismo energético e proteico e refletiram também nos

parâmetros metabólicos, consistindo de uma boa ferramenta para a avaliação do perfil nutricional.

O período de realimentação pode propiciar o aumento de secreção de insulina, aliadas as altas concentrações de GH permitindo que mais nutrientes possam ser destinados ao crescimento, principalmente se coincidir com o início da puberdade dos cordeiros, pois pode haver efeito sinérgico sobre o crescimento com deposição acentuada de músculo (HORNICK et al., 2000).

A oferta de animais magros durante épocas de flutuação sazonal de alimento aumenta. Tal situação pode ser usada como estratégia para pecuaristas que visem um melhor desempenho dos animais numa fase posterior de realimentação, seja a pasto ou em confinamento.

A avaliação de características de desempenho como o consumo alimentar e a conversão alimentar, bem como as variáveis metabólicas e fisiológicas podem ser úteis para explicar os efeitos relacionados a moderada restrição alimentar em animais mestiços criados em clima tropical, tornando-se uma boa alternativa para otimizar o crescimento de cordeiros. Além disso, a restrição alimentar, seguida de crescimento compensatório pode ser uma boa estratégia para reduzir os custos com a alimentação (LOPES et al., 2018).

Objetivou-se, com este estudo, avaliar o desempenho, metabólitos sanguíneos e parâmetros fisiológicos, bem como a interação com o ambiente de cordeiros Dorper x Santa Inês submetidos a três níveis de restrição alimentar prévios durante a fase de realimentação *ad libitum* para obtenção de ganho compensatório.

## 7.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 7.2.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

A pesquisa e os procedimentos conduzidos aos animais estiveram de acordo com os Princípios Éticos da Experimentação Animal, adotado pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor Palotina, sob o protocolo nº 17/2017.

A pesquisa foi conduzida de 12 de setembro a 24 de outubro de 2017 no Centro de Estudos em Pequenos Ruminantes (CEPER) da Universidade Federal do

Paraná, Setor Palotina, localizado a 24° 29' 39" latitude sul e 53° 84' 18" longitude oeste e 346 m de altitude. O clima de Palotina é caracterizado como subtropical úmido (Cfa) de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, com verões quentes, invernos frios ou amenos e temperatura média anual de 20°C. As instalações do CEPER contavam com baias individuais e coletivas, um técnico para auxiliar a pesquisa, sala de preparo de rações, local para armazenamento do feno, sala para armazenamento das amostras, escritório e banheiro.

### 7.2.2 ANIMAIS E MANEJO

Foram utilizados 24 cordeiros machos inteiros, mestiços Dorper x Santa Inês, com idade média de seis meses e massa corporal média de  $26,5 \pm 7$  kg, provenientes de fazenda comercial. Os animais foram identificados, pesados e vermifugados com Ivermectina a 1% ( $200 \mu\text{g kg}^{-1}$ ), administrado por via subcutânea, e posteriormente alojados em baias individuais de piso ripado suspenso, com área de  $1,7\text{m}^2$ , equipadas com um bebedouro para cada dois animais e comedouro individual de 0,40 m linear de capacidade de 50 litros. O período experimental teve duração de 42 dias (incluindo o período de adaptação dos animais a dieta e as condições ambientais).

Os cordeiros foram distribuídos aleatoriamente em três tratamentos 1,0; 1,75 e 2,5 vezes o consumo de energia metabolizável para a manutenção (CEMm) prévios, sendo oito repetições para cada tratamento.

### 7.2.3 PESAGENS

Os animais foram pesados em uma balança de precisão de 100 gramas, após jejum alimentar de 16 horas, no primeiro dia do período de adaptação e, posteriormente, a pesagem ocorreu a cada 15 dias durante o período experimental e com jejum alimentar de 16 horas. Após as pesagens, os animais recebiam a dieta ajustada de acordo com a respectiva massa corporal.

A pesagem das dietas e das sobras foram feitas em recipientes plásticos individuais com volume de 10L, em balança eletrônica com precisão de duas gramas. As sobras eram recolhidas todos os dias no período da manhã em bandejas, pesadas, anotadas e armazenadas em sacos de plástico e, a cada semana era realizada a amostra composta do animal.

#### 7.2.4 DIETA, FORNECIMENTO DE ALIMENTO E SOBRAS

As dietas foram formuladas de acordo com as exigências de manutenção (NRC, 2007), para ganho médio diário de 300 gramas  $d^{-1}$ . As exigências de energia para manutenção foram consideradas 115 kcal  $kg^{0,75}$  (NRC, 2007). Os tratamentos foram caracterizados por nível de ingestão de diferentes níveis prévios de consumo 1,0; 1,75 e 2,5 vezes o consumo de energia metabolizável de manutenção (CEMm). Na TABELA 6 encontram-se a análise bromatológica dos ingredientes utilizados na dieta.

TABELA 6. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS INGREDIENTES E DIETA EXPERIMENTAL (40:60)

Componente <sup>1</sup>	Ingrediente		
	Tifton 85	Concentrado	Dieta Total
Umidade (g.kg <sup>-1</sup> )	106,5	110,9	109,1
MS (g.kg <sup>-1</sup> )	893,5	889,1	890,9
PB	120,0	180,7	157,1
FDN	653,9	207,1	385,5
FDA	305,5	74,5	166,9
Lig	53,3	12,5	28,8
CNF	28,1	500,5	311,6
RM	72,8	94,5	85,8
EE	16,8	40,4	31
NDT*	455,9	699,3	614,5

<sup>1</sup> MS: matéria seca; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; Lig: lignina; CNF: carboidratos não fibrosos; RM: resíduo mineral; EE: extrato etéreo; NDT: nutrientes digestíveis totais; ED: energia digestível

\*NDT= PBd +FDNd +CNFd +2,25EE<sub>d</sub> – 7 (NRC, 2001)

Fonte: O autor (2019).

A dieta experimental continha 2,34 Mcal  $kg^{-1}$  de energia metabolizável e o período de adaptação foi de 7 dias e a dieta foi composta por 40% de feno de Tifton 85 (*Cynodon spp.*) e 60% de concentrado comercial peletizado (TABELA 7). O período experimental teve duração de 42 dias com dieta na proporção de 40% de feno de Tifton 85 (*Cynodon spp.*) e 60% de concentrado comercial peletizado. O período experimental teve duração de 42 dias e foi definido com base no tempo médio necessário para que a média de peso corporal (PC) atingisse 37 kg, semelhante à média de peso comercial de cordeiros abatidos na região (35 a 40 kg).

TABELA 7. COMPONENTES E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO CONCENTRADO COMERCIAL FORNECIDO EM CONFINAMENTO PARA CORDEIROS NO PERÍODO EXPERIMENTAL

Componentes (kg ton <sup>-1</sup> )	Concentrado controle
Milho grão moído	475
Farelo de trigo	320
Farelo de soja	100
Núcleo mineral vitamínico	40
Calcário calcítico	25
Núcleo aromatizante	25
Ureia pecuária	15
Composição química (g.kg MN <sup>-1</sup> )	
Umidade	110,9
Matéria Seca	889,1
Proteína Bruta	180,7
Extrato Etéreo	40,3
FDN	207,1
FDA	74,5
CNF	500,5
Resíduo Mineral	94,5
NDT	699,3
ED* (Mcal. kg MS <sup>-1</sup> )	2,73

FDN: Fibra detergente neutro; FDA; Fibra detergente ácido; CNF: Carboidratos não - fibrosos; NDT: Nutrientes Digestíveis Totais; ED\*: Energia Digestível Estimada.

Fonte: O autor (2019).

A dieta foi fornecida duas vezes ao dia (08:00 e às 14:00 h), com ajustes de quantidade semanalmente considerando-se sobras diárias no máximo de 10% do ofertado. As sobras foram coletadas, pesadas diariamente e armazenadas em sacos plásticos durante a semana, no período da manhã, de forma que, no final da semana era feita uma composta do saco de cada animal. Logo após a coleta de sobras e pesagem, foi fornecido o primeiro trato da manhã e a outra metade no período da tarde 14:00 horas.

As sobras eram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenadas em freezer horizontal a temperatura de -15°C. Ao final do período de quatro semanas, as sobras eram homogeneizadas para realizar uma nova amostra de sobras composta do período. Esta amostra composta era dividida em duas partes, uma para ser armazenada no CEPER e realizar o teste da peneira e outra para realizar análise bromatológica.

As análises bromatológicas foram processadas no Laboratório de Nutrição Animal da UFPR, Setor Palotina, em que os teores de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), lignina (LIG) e resíduo mineral (RM) foram determinadas de acordo com

os procedimentos da AOAC (1990). Quanto aos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados segundo Van Soest, Robertson e Lewis (1991).

O teor de carboidratos não-fibrosos (CNF) foi calculado conforme Hall e Akinyode (2000) através da fórmula  $CNF = 100 - ((PB - Pbu + U + EE + RM + FDN))$ . As frações digestíveis de proteína bruta (PBd), extrato etéreo (EEed), carboidratos não-fibrosos (CNFd) e fibra em detergente neutro (FDNd) foram determinadas de acordo com Detmann et al. (2006a, 2006b, 2006c, 2007). Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) e de energia metabolizável (EM) foram estimados pelo NRC (2001).

#### 7.2.5 CRITÉRIOS DE DESEMPENHO, CONSUMO DE MATÉRIA SECA E CONVERSÃO ALIMENTAR

O desempenho animal foi mensurado através do ganho médio diário (GMD) que foi obtido levando-se em consideração o incremento na massa corporal (kg), em um determinado período de tempo (dias). As pesagens dos animais foram realizadas quinzenalmente às 8:00h e com jejum alimentar prévio de 16 horas. Os consumos de MS, PB, NDT e FDN foram obtidos pela diferença entre os nutrientes ofertados e os nutrientes das sobras do dia posterior. A conversão alimentar foi calculada pela razão entre consumo de matéria seca (CMS) e o ganho médio diário (GMD).

#### 7.2.6 COLETA DE AMOSTRAS DE SANGUE E ANÁLISES BIOQUÍMICAS

As coletas de sangue ocorreram às 08:00 horas do primeiro dia do período experimental, com jejum alimentar de 16 horas para a determinação dos seguintes parâmetros bioquímicos: glicose, ureia, albumina e creatinina. As demais coletas seguiram o mesmo horário, jejum alimentar e frequência de 15 dias até o término do experimento, totalizando cinco coletas.

A coleta de sangue ocorreu após a contenção do animal. Foi realizada a tricotomia e antissepsia do local utilizando algodão e álcool 70%. Em seguida foi realizada a punção da veia jugular com agulhas descartáveis acopladas a sistema a vácuo. De cada animal, coletou-se 10mL de sangue em dois tubos siliconados sem anticoagulante para a determinação de ureia, creatinina e albumina no soro; e 5mL de sangue em tubo siliconado contendo o anticoagulante fluoreto de sódio (10%) para a



análise de glicose no plasma. O material coletado era imediatamente levado ao Laboratório de Patologia Clínica do Hospital Veterinário da Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina. Todos os tubos eram centrifugados por cinco minutos a 3000 rpm para a obtenção do plasma sanguíneo. O plasma de cada animal foi dividido em dois microtubos de 1,5mL identificados, uma parte para ser analisada bioquimicamente e a outra para ser armazenada (amostra reserva).

As amostras sanguíneas foram previamente descongeladas para a determinação do perfil bioquímico do plasma referente a glicose e do soro referente a ureia, creatinina e albumina, avaliados por técnicas espectrofotométricas, com o uso de kits reagentes específicos (LCI, Produtos Diagnósticos®), em analisador bioquímico automático (MINDRAY BS 120®).

Para avaliação dos níveis de glicose no plasma (Glicose – VIDALT – 17 / 0838A, LCI - Produtos Diagnósticos®), e nitrogênio ureico (Ureia QUIMIURE EBRAMALT – 04756A0628, LCI - Produtos Diagnósticos®), no soro, foram utilizados os métodos de glicose enzimática e ureia enzimática, respectivamente.

A concentração sérica de albumina foi determinada através do método verde de bromocresol (Albumina VIDALT 17 / 0873 – LCI, Produtos Diagnósticos®). A dosagem de creatinina sérica foi determinada segundo metodologia colorimétrica, cujo princípio baseia-se na reação de creatinina com ácido pícrico, em meio alcalino, produzindo picrato de creatina (Creatinina LT – 17 / 0890 – LCI, Produtos Diagnósticos®).

#### 7.2.7 PARÂMETROS FISIOLÓGICOS

Os parâmetros fisiológicos aferidos foram a frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR) e a temperatura retal °C (TR). Estes parâmetros foram mensurados duas vezes por semana, sendo um no período da manhã (de 07:30 a 09:30 horas) e outro no período da tarde (de 13:00 a 15:00 horas), antes do fornecimento do trato aos animais para evitar agitação e interferência de ruídos do trato gastrointestinal durante a auscultação. Também, levou-se em consideração aferir os parâmetros fisiológicos de forma aleatória, sempre alterando a ordem dos animais.

A FR e a FC foram mensuradas com o auxílio de estetoscópio durante 1 minuto, conforme Smith (2009). A FR foi mensurada com foco no tórax ventral



esquerdo entre a 3° e 6° costela. O foco de auscultação da FC foi entre a 3° e 5° EIC do lado esquerdo, correspondendo aos focos aórtico, pulmonar e mitral, ou do lado direito entre a 3° e 4° EIC correspondendo ao foco da válvula tricúspide. A TR foi aferida com o auxílio de termômetro clínico digital introduzido no reto do animal, inclinando - o para a parede do reto.

#### 7.2.8 ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE (ITU)

A temperatura e a umidade relativa do ar foram registradas diariamente através do termohigrômetro. Os dados gerados foram utilizados para o cálculo do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e foram fracionados para os períodos da manhã, tarde e de 24 horas dos dias de mensurações dos parâmetros fisiológicos.

#### 7.2.9 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com três tratamentos e oito repetições, em que os tratamentos foram caracterizados por três níveis prévios de consumo de energia: 1,00; 1,75 e 2,50 vezes a exigência de ingestão de energia para manutenção, sendo que este último nível foi usado como controle.

#### 7.2.10 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

##### 7.2.10.1 DADOS DE DESEMPENHO, CONSUMO E CONVERSÃO ALIMENTAR

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo modelo linear geral (PROC GLM) em relação aos tratamentos. As médias que apresentaram diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey (PROC MEANS). As análises foram realizadas no programa *Statistical Analysis System* (SAS), versão 9.0.

##### 7.2.10.2 METABÓLITOS SANGUÍNEOS

Os dados foram analisados em modelo misto (PROC MIXED) com medidas repetidas no tempo, no qual foram considerados os efeitos fixos de condição restrição alimentar (2 graus de liberdade – GL), períodos de coleta de sangue (3 GL) e de interação entre esses fatores (6 GL). O PC inicial dos cordeiros foi incluído como covariável, e o animal foi considerado efeito aleatório no modelo. A estrutura de erros mais adequada para as variáveis analisadas foi determinada de acordo com os critérios de informação de Akaike corrigido (AICC) e Bayesiano (BICC). As médias foram ajustadas ao modelo estatístico (PROC LSMEANS) e quando o efeito fixo de condição de restrição alimentar foi significativo ( $P < 0,05$ ), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey-Kramer. As análises foram realizadas no programa *Statistical Analysis System* (SAS), versão 9.0.

#### 7.2.10.3 CORRELAÇÃO PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E PERÍODOS DO DIA X VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

Os dados foram analisados em modelo de parcelas subdivididas (PROC GLM), em que a parcela foi caracterizada pelas condições de restrição alimentar e a subparcela correspondeu ao período do dia (manhã e tarde). Quando houve efeito isolado ou interação entre esses fatores ( $P < 0,05$ ), procedeu-se a análise de correlação (PROC CORR) entre os parâmetros fisiológicos e as variáveis climáticas dentro de cada condição de restrição alimentar, período do dia e dentro da combinação entre esses fatores. Posteriormente, realizou-se a análise de regressão (PROC REG) entre as variáveis que apresentaram correlação significativa ( $P < 0,05$ ), considerando as variáveis climáticas como independentes e os parâmetros fisiológicos como variáveis dependentes (ou resposta) no modelo. As análises de regressão foram realizadas até segunda ordem (quadrática) dentro de cada condição de restrição alimentar, período do dia e dentro da combinação entre esses fatores. As análises foram realizadas no programa *Statistical Analysis System* (SAS), versão 9.0.

#### 7.2.10.4 PARÂMETROS FISIOLÓGICOS X TRATAMENTOS

Os dados foram analisados em modelo misto (PROC MIXED) com parcelas subdivididas e medidas repetidas no tempo, em que a parcela foi caracterizada pelas condições de restrição alimentar, a subparcela correspondeu ao período do dia

(manhã e tarde) e o tempo foi caracterizado pelos períodos de avaliação dos parâmetros fisiológicos. A condição de restrição alimentar (2 graus de liberdade – GL), o período do dia (1 GL) e suas interações (2 GL), bem como o tempo (3 GL) foram considerados efeitos fixos no modelo; o PC inicial dos cordeiros foi incluído como covariável, e o animal, a interação animal x condições de restrição alimentar (controle do erro associado à parcela) e a interação animal x ITU média durante o experimento foram considerados efeitos aleatórios no modelo. As médias foram ajustadas ao modelo estatístico (PROC LSMEANS) e quando houve efeito isolado e/ou interação entre os efeitos estudados ( $P < 0,05$ ), procedeu-se a comparação de médias entre as condições de restrição alimentar pelo teste de Tukey-Kramer, e entre os períodos do dia pelo teste F. As análises foram realizadas no programa *Statistical Analysis System* (SAS), versão 9.0.

#### 7.2.10.5 DESEMPENHO

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo modelo linear geral (PROC GLM) em relação às condições de restrição alimentar. O PC inicial dos cordeiros foi incluído como co-variável no modelo. As médias foram ajustadas ao modelo estatístico (PROC LSMEANS) e quando o efeito de condição de restrição alimentar foi significativo ( $P < 0,05$ ), procedeu-se a comparação de médias pelo teste de Tukey. As análises foram realizadas no programa *Statistical Analysis System* (SAS), versão 9.0.

## 8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os níveis prévios de alimentação não influenciaram ( $p > 0,05$ ) as concentrações de albumina e de glicose plasmática (TABELA 8). Estes resultados podem estar relacionados ao mesmo nível energético ofertado durante a realimentação.

TABELA 8. PARÂMETROS BIOQUÍMICOS DE CORDEIROS ALIMENTADOS COM TRÊS NÍVEIS PRÉVIOS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL

Metabólito	Níveis de consumo de energia metabolizável de manutenção (CEMm) prévios			Média	EPM	Valor P
	1	1,75	2,5			
Albumina (g.L <sup>-1</sup> )	3,76	3,74	3,83	3,78	0,023	0,452
Creatinina (mg.dL <sup>-1</sup> )	1,24 a	1,06 b	1,22 a	1,17	0,025	0,031
Ureia (mg.dL <sup>-1</sup> )	38,64 b	38,71 b	46,47 a	41,27	1,045	0,015
Glicose (mg.dL <sup>-1</sup> )	82,55	83,17	81,82	82,52	0,986	0,951

Letras minúsculas diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,05).

FONTE: O autor (2019).

Para a variável creatinina houve efeito de tratamento ( $p<0,05$ ), com valores superiores nos tratamentos 1,0 e 2,5 CEMm, com as respectivas médias de 1,24 e 1,22 mg dL<sup>-1</sup>, respectivamente, quando comparados aos animais submetidos ao nível 1,75 que obteve média de 1,05 mg dL<sup>-1</sup>. Comparando-se tais resultados com o valor de referência de 1,2 a 1,9 mg dL<sup>-1</sup> de Kaneko, Harvey e Bruss (2008) e González e Silva (2017), estiveram dentro da normalidade, com exceção do nível 1,75 CEMm, que esteve levemente abaixo da referência. Tal comportamento do nível 1,75 pode estar relacionado com a menor deposição de tecido proteico em relação aos demais grupos, pois o ganho de peso foi apenas de 5,0 kg, contrastando com o nível 1,0 e 2,5 CEMm que obtiveram 13,64 e 18,25 kg respectivamente, conforme será apresentado posteriormente na tabela 10. Esta teoria corrobora com González e Silva (2017), que afirmaram que a síntese de creatinina ocorre de forma constante e é influenciada pela massa muscular.

Os estudos feitos por Vivian et al. (2017) com inserção de níveis crescentes de ureia na dieta de cordeiros também mostraram uma queda do valor de creatinina comparando o início do confinamento como o término, com valores ligeiramente abaixo do intervalo de referência para ovinos (1,2 a 1,9 mg dL<sup>-1</sup>) (KANEKO, HARVEY e BRUSS, 2008; GONZÁLEZ e SILVA., 2017) atribuindo tais níveis ao menor desenvolvimento muscular no final do período de terminação.

Com relação aos níveis plasmáticos de ureia verificou-se que foram influenciados pelos níveis de CEMm ( $p<0,05$ ), sendo superior para o tratamento 2,5 CEMm, com média de 46,47 mg dL<sup>-1</sup> em relação aos níveis de 1,0 e 1,75 CEMm, com médias de 38,64 e 38,71 mg dL<sup>-1</sup>, respectivamente de modo que estes últimos não diferiram ( $p>0,005$ ) entre si. Tal comportamento pode ser atribuído a possível excesso de nitrogênio amoniacal no rúmen para o tratamento *ad libitum*, pois o grande aporte

de proteínas degradáveis da dieta eleva a concentração de amônia ruminal a qual é transformada em ureia no fígado, no ciclo da ureia (GONZÁLEZ, 2018) considerando o valor de referência de 8 a 20 mg dL<sup>-1</sup> proposto por Kaneko, Harvey e Bruss, (2008) e González e Silva, (2017).

Com relação aos parâmetros fisiológicos, houve correlação positiva significativa ( $p < 0,001$ ) entre as variáveis FR, FC, TR e o ITU para os níveis prévios de restrição alimentar de 1,0 e 1,75 CEMm. Para o tratamento 2,5 de CEMm, apenas a FC não apresentou correlação significativa.

O conhecimento a respeito da influência do meio sobre os parâmetros fisiológicos é de grande importância, uma vez que por meio desta informação pode-se facilitar a tomada de decisão com relação ao manejo dos animais. A condição ambiental, representada pelo ITU, apresentou influência sobre os parâmetros fisiológicos. Foi verificada correlação significativa ( $p < 0,01$ ) entre o tratamento prévio manutenção (1,0 CEMm) e o ITU que foi de 0,74 para FR; 0,42 para FC e 0,43 para TR. Para o tratamento 1,75 CEMm a correlação foi de 0,69 para FR; 0,37 para FC e de 0,47 para TR. Para o tratamento 2,5 a correlação foi de 0,57 para FR e de 0,42 para TR.

Na análise entre períodos do dia também foi verificada alterações nos respectivos parâmetros. No período da manhã verificou-se ( $p < 0,05$ ) correlação entre os parâmetros e ITU de 0,36 para FR e de 0,40 para TR. Para o período da tarde este apresentou correlação de 0,70 para FR; 0,30 para FC e de 0,45 para TR. Estas correlações entre ITU e parâmetros fisiológicos comprovam a influência das variáveis climáticas sob os resultados e demonstraram que a medida que o ITU se eleva, as variáveis em questão também aumentaram.

Os valores normais de FR para ovinos variam entre 25 e 30 movimentos min<sup>-1</sup>, quando a FR aumenta acima de 40 movimentos min<sup>-1</sup>, este comportamento está associado ao mecanismo de dissipação de calor (WOJTAS, CWYNAR e KOLACZ, 2014).

O valor médio, mínimo e máximo de ITU durante o experimento foram de 72; 50 e 84 respectivamente. Considerando os horários em que foram realizadas as avaliações dos parâmetros fisiológicos, o período da tarde apresentou índices médio, mínimo e máximo de ITU superiores ao período da manhã, que corresponderam a 79; 72 e 83, sendo superiores ao período da manhã, que corresponderam a 69; 61 e 75. De acordo com Hahn (1985), esses valores indicam que os cordeiros enfrentaram

condição crítica de estresse (ITU de 71 a 78) e por dificuldades em manter a termorregulação (de 79 a 83).

Na fase de realimentação, o maior destaque de influência sobre os parâmetros fisiológicos foi do período (manhã e tarde). A FR foi influenciada de forma isolada pelo tratamento e pelo período do dia (TABELA 9).

TABELA 9. MÉDIAS DOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE CORDEIROS ALIMENTADOS COM TRÊS NÍVEIS PRÉVIOS DE CONSUMO DE ENERGIA METABOLIZÁVEL

Variável	Período	Níveis de consumo de energia metabolizável de manutenção (CEMm) prévios			Média	EPM <sup>I</sup>	Valor de P		
		1	1,75	2,5			Trat	Período	T x P
FR <sup>II</sup> (Mov.min <sup>-1</sup> )	Manhã	76	75	40	64 B	2,8	0,0003	< 0,0001	0,9124
	Tarde	118	114	79	103 A				
	Média	97 a	94 a	60 b	84				
FC <sup>III</sup> (Bat. min <sup>-1</sup> )	Manhã	112	107	106	109 B	1,2	0,287	< 0,0001	0,3885
	Tarde	118	117	112	116 A				
	Média	115	112	109	112				
TR <sup>IV</sup> (°C)	Manhã	39,3	39,2	38,7	39,0 B	0,05	0,1108	< 0,0001	0,055
	Tarde	39,5	39,6	39,1	39,4 A				
	Média	39,4	39,4	38,9	39,2				

<sup>I</sup>EPM: Erro padrão médio; <sup>II</sup>FR: frequência respiratória; <sup>III</sup>FC: frequência cardíaca; <sup>IV</sup>TR: temperatura retal. Letras minúsculas diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey-Kramer ( $P < 0,05$ ), e letras maiúsculas diferentes na coluna diferem pelo teste F ( $P < 0,05$ ).

FONTE: O autor (2019).

Os níveis prévios de restrição alimentar de 1,0 e 1,75 CEMm apresentaram ( $p < 0,05$ ) valores superiores para FR (97 e 94 movimentos min<sup>-1</sup>) comparando-se com o tratamento 2,5 CEMm o qual apresentou média de 60 movimentos min<sup>-1</sup>.

Numa análise entre períodos do dia (manhã e tarde), verificou-se que as médias para os parâmetros fisiológicos foram maiores para o período da tarde, com aumento de 64 para 103 movimentos min<sup>-1</sup>, respectivamente. Tais resultados podem ser explicados ao maior valor de ITU entre períodos e, por sua vez, maior estímulo à dissipação de calor por evaporação pulmonar (KLEIN, 2014).

Tudo indica que o aumento do aporte de energia na fase de realimentação pode ter elevado o metabolismo e, conseqüentemente o incremento calórico, pois o aumento das médias é evidente comparando-se as médias de FR obtidas durante o período de restrição alimentar com as obtidas na fase de realimentação para o nível

prévio 1,0 CEMm (43 vs. 97 movimentos  $\text{min}^{-1}$ ) e do nível 1,75 CEMm (59 vs. 94 movimentos  $\text{min}^{-1}$ ).

Com base na classificação de Silanikove (2000), as médias no período da tarde de  $103 \pm 3,12$  movimentos  $\text{min}^{-1}$  indicam que os ovinos apresentaram estresse alto a tarde (80 a 120 mov. $\text{min}^{-1}$ ) e a média de  $64 \pm 3,09$  mov. $\text{min}^{-1}$  confere estresse de médio pela manhã (60 a 80 mov. $\text{min}^{-1}$ ). Estes resultados estão de acordo com estudos realizados por Cezar et al. (2004), que obtiveram a mesma severidade de estresse por calor.

Ambas as frequências FC e TR também foram influenciadas pela maior média de ITU (83) obtida no período da tarde. A FC apresentou efeito ( $p < 0,05$ ) apenas para o período do dia (TABELA 9), não apresentando ( $p > 0,05$ ) efeito de tratamento. As maiores médias foram registradas a tarde em relação a manhã (116 vs. 109 batimentos  $\text{min}^{-1}$ ). Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Cezar et al., (2004), que observou médias para o período da manhã de 105,67 bat. $\text{min}^{-1}$  e de 115,30 bat. $\text{min}^{-1}$  para o período da tarde e certamente estão relacionadas ao maior fluxo sanguíneo provocado pela vasodilatação periférica, como forma de dissipar calor através do fluxo sanguíneo cutâneo (KLEIN, 2014).

A TR também foi influenciada ( $p < 0,05$ ) de forma isolada pelo período do dia (TABELA 9). As médias também foram maiores no período da tarde em relação ao período da manhã (39,4 vs. 39,0°C). Contudo, tais valores de TR permaneceram dentro do intervalo de referência para ovinos de 38,5 a 39,9°C indicando que os mecanismos de termorregulação para perda de calor excedente foram eficientes para a homeostase da temperatura corporal (KLEIN, 2014).

Os resultados acima mencionados sugerem que os cordeiros passaram por períodos considerados de estresse por calor, mesmo a pesquisa tendo sido realizada durante o início da primavera.

Com relação ao desempenho, a variável PCI foi diferente ( $p < 0,05$ ) entre tratamentos, sendo superior para o nível 1,75 com  $32,73 \pm 1,87$  kg, não diferindo entre os níveis 1,0 com  $24,38 \pm 2,16$  kg e 2,5 com  $21,33 \pm 2,00$  kg, sendo semelhante mesmo após passar por um período de manutenção com pequeno ganho médio diário.

O nível prévio de alimentação apresentou efeito ( $p < 0,05$ ) sobre as características de desempenho, conforme mostrado na tabela 10. Houve influência ( $p < 0,05$ ) do período prévio de restrição alimentar dos níveis 1,0 e 1,75 CEMm em comparação com o tratamento *ad libitum*, para as variáveis de desempenho de peso



corporal inicial (PCI), ganho médio diário (GMD) e período de confinamento (P. Conf.) (TABELA 10).

TABELA 10. DESEMPENHO DE CORDEIROS ALIMENTADOS COM TRÊS NÍVEIS DE CONSUMO DE ENERGIA METABOLIZÁVEL PRÉVIOS

Variável	Níveis de consumo de energia metabolizável de manutenção (CEMm) prévios			Média	EPM	Valor P
	1	1,75	2,5			
PCI (kg) <sup>I</sup>	24,38 b	32,73 a	21,33 b	26,15	1,56	0,0016
PCF (kg) <sup>II</sup>	38,02	37,73	39,58	38,44	0,90	0,3756
CMS (g.dia-1) <sup>III</sup>	1290,3	1267,3	1269,4	1275,67	37,26	0,8769
CPB (g.dia-1) <sup>IV</sup>	202,7	199,1	199,4	200,40	5,85	0,8769
CFDN (g.dia-1) <sup>V</sup>	483,2	474,6	475,4	477,73	13,95	0,8768
CNDT (g.dia-1) <sup>VI</sup>	792,9	778,7	780	783,87	22,90	0,8769
GMD (g.dia-1) <sup>VII</sup>	338,5 a	301,2 ab	237,5 b	292,40	15,61	0,0424
CA <sup>VIII</sup>	4,08	4,23	5,85	4,72	0,43	0,2116
P. Conf. (dias) <sup>IX</sup>	34 b	37 b	57 a	42,67	3,94	< 0,0001

<sup>I</sup>PCI: peso corporal inicial; <sup>II</sup>PCF: peso corporal final; <sup>III</sup>CMS: consumo de matéria seca; <sup>IV</sup>CPB: consumo de proteína bruta; <sup>V</sup>CFDN: consumo de fibra detergente neutra; <sup>VI</sup>CNDT: consumo de nutrientes digestíveis totais; <sup>VII</sup>GMD: ganho médio diário; <sup>VIII</sup>CA: conversão alimentar; <sup>IX</sup>P. Conf.: período de confinamento

FONTE: o autor (2019).

Para o nível prévio de alimentação 1,0 vez o CEMm observou-se GMD de  $338,5 \pm 26,71$  g, não diferindo do nível 1,75 vezes o CEMm com  $301,2 \pm 28,56$  g. Por outro lado, os animais que não passaram por restrição alimentar (2,5 vezes o CEMm) apresentaram ( $p < 0,05$ ) GMD inferior ( $237,5 \pm 28,26$  g). Resultados de ganho de peso superior para animais submetidos a restrição alimentar em relação ao grupo controle alimentado *ad libitum* também foram verificados por (SAMI, AL-SELBOOD e ABOUHEIF et al., 2016; BABU et al., 2017).

Maiores ganhos de peso para os animais em restrição alimentar podem estar mais relacionados a menor exigência de manutenção dos animais e maior eficiência de utilização de nutrientes (NRC, 2007), uma vez que o consumo de matéria seca não foi alterado. Segundo Addah, Ayantunde e Okine (2017), o ganho compensatório está mais relacionado com o alto nível de proteína em comparação a energia na fase de realimentação. Segundo os autores a diferença no ganho de peso pró – dieta com alta proteína foi 125% maior (0,36 vs. 0,16 g).

Outra teoria para justificar o maior ganho de peso para os cordeiros submetidos ao nível de restrição alimentar de 1,0 e 1,75 CEMm é a diminuição do tamanho dos órgãos. Li et al. (2015), verificou que após 60 dias de restrição



alimentar, o peso do rúmen e do abomaso diminuíram, consequentemente, o gasto energético destes órgãos também diminuíram e permitiu que o aumento da ingestão de energia metabolizável fosse destinado a ganho de peso.

Babu et al. (2017), trabalhando com quatro níveis de restrição alimentar, observaram que a máxima digestibilidade foi obtida para o maior nível de restrição alimentar (30%) para as variáveis de CMS, PB, MO, NFE (nitrogênio fecal endógeno), FDA, FDN, enquanto que na realimentação verificou-se efeito de digestibilidade ( $p < 0,05$ ) apenas para CMS, PB, FDA e NFE. A hipótese de melhor digestibilidade dos nutrientes na fase de realimentação também pode estar relacionado a retomada de crescimento da celularidade visceral e aumento da secreção de enzimas digestivas (LI et al., 2015).

Quanto ao período de confinamento, este foi influenciado ( $p < 0,05$ ) pelo nível de restrição alimentar prévia, sendo superior para o nível de 2,5 CEMm com  $57 \pm 2,20$  dias. Quanto aos níveis prévios de restrição alimentar de 1,0 com  $34 \pm 2,08$  dias e 1,75 CEMm com valor de  $37 \pm 2,22$  dias, obtiveram valores próximos e não diferiram entre si. Tais resultados auxiliam em tomadas de decisões à campo, pois demonstram que animais que passam por período de restrição alimentar, devido a época de seca, tem melhor desempenho comparado com aqueles que não foram desafiados.

No entanto, foi observado uma diferença de pelo menos 23 dias entre o nível de 1,0 CEM e 2,5 CEM, levando a reflexão sobre a quantidade extra de alimento que foi dispensada para a terminação dos animais *ad libitum*, se levarmos em consideração o volume de sobras durante o confinamento. Tal fato pode ser justificado pelo valor numérico da CA, pois mesmo não influenciada ( $p < 0,05$ ) pelos tratamentos, a diferença numérica de  $4,08 \pm 0,72$  vs.  $5,85 \pm 0,77$  entre os níveis de 1,0 e 2,5 CEMm demonstra uma diferença de 1,77 kg de alimento, que quando multiplicado a nível de rebanho pode se tornar um alto desperdício. Deste modo, os animais magros do nível apenas de manutenção, desempenharam tanto quanto o tratamento *ad libitum* e com resultados de ganho de peso superiores.

Ding et al. (2016), para a fase de realimentação, verificaram para os níveis controle (*ad libitum*), 85; 75 e 60% de restrição da ingestão *ad libitum* o consumo em relação ao peso corporal médio de 5,5; 5,6; 5,6 e 5,6 %, GMD de 0,195; 0,248; 0,242 e 0,253 g e CA de 10,05; 8,06; 8,05 e 7,47. Comparando-se tais resultados com os obtidos nesta pesquisa para os níveis prévios de 1,0; 1,75 e 2,5 CEMm para consumo em relação ao peso corporal (4,1; 3,6 e 4,2 %), GMD (0,338; 0,301 e 0,237 g) e CA

(4,08; 4,23 e 5,85), pode-se observar que estes foram melhores, pois os cordeiros consumiram menor quantidade de MS e tiveram maior ganho de peso.

Os resultados de desempenho do nível 2,5 CEMm (*ad libitum*) desta pesquisa são semelhantes aos encontrados por Nóbrega, Cézar e Souza (2014), para consumo em relação ao peso corporal (4,2 vs. 4,38%), para CA (5,85 vs. 5,4) e para GMD (0,237 vs. 0,250 kg), mesmo os autores tendo trabalhado com animais Santa Inês e relação volumoso: concentrado de 30:70.

Os resultados desta pesquisa para o nível *ad libitum* também estão de acordo com Cartaxo et al. (2017) para animais de genótipo ½ Dorper ½ Santa Inês o consumo em relação ao peso corporal foi de 5,54%, com GMD de 0,292 g e CA de 4,81.

Babu et al. (2017) verificaram que houve ganho compensatório durante o período de realimentação, comparando-se o nível prévio de restrição alimentar de 30% da alimentação *ad libitum* com o nível controle (*ad libitum*), em função do consumo em relação ao peso corporal de (5,8 vs. 4,6%), GMD de (0,2 g vs. 0,06 kg) e CA (4,8 vs. 13,3).

Yang et al. (2016), trabalharam com restrição alimentar pelo período de 60 dias seguidos de mais 60 dias de realimentação *ad libitum*, verificaram que o nível manutenção obteve resultados superiores aos do nível controle (ganho 150 g) com ganho compensatório para consumo em relação ao peso corporal (4,8% vs. 5,7%), para CA (5,87 vs. 9,75) e GMD (0,31 VS. 0,20 kg). Tais resultados estão de acordo com os obtidos nesta pesquisa, demonstrando que a restrição alimentar prévia proporciona resultados satisfatórios de ganho de peso, com melhor conversão e menor consumo de MS.

Com relação a conversão alimentar, não foi verificada influência de tratamento ( $p>0.05$ ). Tal comportamento não era esperado e vai contra a maioria dos resultados encontrados na literatura (ADDAH, AYANTUNDE e OKINE, 2017; MANNI et al., 2017; ABOUHEIF et al., 2013; KAMALZADEH et al., 1997 e GREEFF et al., 1986).

## 9 CONCLUSÃO

Pode-se tirar proveito da restrição alimentar involuntária que, normalmente ocorre em nossas condições, quando realimentados apresentam melhores

desempenhos produtivos. Provavelmente o mecanismo envolvido no ganho compensatório observado, no presente estudo, está associado a redução das necessidades de manutenção, tornando o nível de restrição prévia de manutenção o mais recomendável.

## 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A restrição alimentar influenciou o desempenho dos animais, interferindo positivamente no ganho de peso compensatório, tornando-se recomendável confinar animais após terem passado por período de restrição alimentar prévia.

As estimativas do NRC (2007) para exigência energética foram superestimadas para os animais utilizados no estudo. Provavelmente este fato está relacionado á ao grupo genético utilizado.

De acordo com os resultados obtidos, o ganho compensatório também influenciou o metabolismo dos animais, tanto no tocante ao perfil bioquímico sanguíneo, quanto nos parâmetros fisiológicos.

Em função do escasso número de estudos relacionados ao tema, para ovinos, há necessidade de se buscar novas avaliações que expliquem melhor o mecanismo do ganho compensatório. A recomendação para trabalhos futuros é incluir a pesquisa a avaliação da digestibilidade *in vivo*, mensuração de metabólitos (corpo cetônico  $\beta$  – hidroxibutirato, AGNE), exigências nutricionais para animais mestiços, mensuração de hormônios da tireoide (T3, T4, TSH, GH, insulina e leptina).

Outros estudos podem ainda ser realizados, principalmente estudos relacionados ao abate dos animais para mensuração de tamanho e histologia das vísceras e avaliação de características de carcaça.

A mensuração do tamanho de partículas da dieta também pode ser incluída ao trabalho para ajudar a explicar o desempenho e verificar se há efeitos relacionados a seletividade dos ovinos.

### 3 REFERÊNCIAS

- ABOUHEIF, M.; AL-OWAIMER, A.; KRAIDEES, M.; METWALLY, H.; SHAFEY, T. Effect of restricted feeding and realimentation on feed performance and carcass characteristics of growing lambs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 2, p. 95-101, 2013.
- ABOUHEIF, M.; AL-SORNOKNH, H.; SWELUM, A.; YAQOOB, H.; AL-OWAIMER, A.; Effect of diferent feed restriction regimes on lamb performance and carcass traits. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 44, n. 3, p. 76-82, 2015.
- ABOUHEIF, M.; AL-SORNOKH, H.; SWELUM, A.; SHAFEY, T.; MAHMOUD, A.; ALSHAMIRY, F.; HAROON, R. Effects of intake restriction and realimentation on diet digestion and ruminal fermentation by growing lambs. **Global Advanced Research Journal of Agricultural Science**, v. 5(4), pp. 126-131, 2016.
- ADDAH, W.; AYANTUNDE, A.; OKINE, E. K. Effects of restricted feeding and re-alimentation of dietary protein or energy on compensatory growth of sheep. **South African Journal of Animal Science**, v. 47, n. 3, 2017.
- AGRICULTURAL DEVELOPMENT ECONOMICS DIVISION FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision*. **ESA Working paper**. No. 12-03. Rome, FAO, 2012. Disponível em: <[http://www.fao.org/fileadmin/templates/esa/Global\\_persepctives/world\\_ag\\_2030\\_50\\_2012\\_rev.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/esa/Global_persepctives/world_ag_2030_50_2012_rev.pdf)>. Acesso em: 18/09/2018.
- ALLDEN, W. G. The effects of nutritional deprivation on the subsequent productivity of sheep and cattle. In: **Nutrition Abstracts and Reviews**, v. 40, p. 1167-1184, 1970.
- ALMEIDA, T. R. V.; PEREZ, J. R. O.; CHLAD, M.; FRANÇA, P. M.; LEITE, R. F.; NOLLI, C. P. Desempenho e tamanho de vísceras de cordeiros Santa Inês após ganho compensatório. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 3, p. 616-621, 2011.
- ARAÚJO, T. L. A. C.; PEREIRA, E. S.; MIZUBUTI, I. Y.; CAMPOS, A. C. N.; PEREIRA, M. W. F.; HEINZEN, E. L.; MAGALHÃES, H. C. R.; BEZERRA, L. R.; SILVA, L. P.; OLIVEIRA, L. Effects of quantitative feed restriction and sex on carcass traits, meat quality and meat lipid profile of Morada Nova lambs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.8, n. 1, p. 46, 2017.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 15.ed. Arlington: AOAC International, 1117p, 1990.
- AURICH, C. Castration. **Biomedicine Sciences**. Encyclopedia of Reproduction, 2 ed, v. 1, p. 165-170, 2018.

BABU, B. S.; SURYANARAYANA, M. V. A. N.; RAO, E. R.; LATHA, P. A.; Effect of Feed Restriction on Serum Biochemical Profile and Carcass Characteristics in Ram Lambs. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v.6, n. 9, p. 566-572, 2017.

BACH, C. I. S. **Consumo, digestibilidade de nutrientes, desempenho e avaliação bioquímica sanguínea em cordeiros alimentados com níveis de permeado de soro de leite na dieta**. 94f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Setor Palotina, Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2017.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2.ed., 616 p, 2011.

CARTAXO, F. Q.; SOSA, W. H.; CEZAR, M. F.; CUNHA, M. G. G.; MENEZES, L. M.; RAMOS, J. P. F.; GOMES, J. T.; VIANA, J. A.; Desempenho e características de carcaça de cordeiros Santa Inês e suas cruzas com Dorper terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, Salvador, v. 18, n. 2, p. 388-401, 2017.

CEZAR, M. F.; SOUZA, B. B.; SOUZA, W. H.; FILHO, E. C. P.; TAVARES, G. P.; MEDEIROS, G. X. M. Avaliação de parâmetros fisiológicos de ovinos Dorper, Santa Inês e seus mestiços perante condições climáticas do trópico semi-árido nordestino. **Ciências e Agrotecnologia**, v. 28, n.3, p. 614-620, 2004.

CRONJÉ, P. B. **Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism and Reproduction**. London, 2000.

CUNNINGHAM, H. C.; CAMMACK, K. M.; HALES, K. E.; FREETLY, H. C.; LINDHOLM-PERRY, A. K. Differential transcript abundance in adipose tissue of mature beef cows during feed restriction and realimentation. **PLOS ONE**, v. 13, n. 3, p. 1–14, 2018.

DASHTIZADEH, M.; ZAMIRI, M. J.; KAMALZADEH, A.; KAMALI, A. Effect of feed restriction on compensatory growth response of young male goats. **Iranian Journal of Veterinary Research**, v. 9, n. 2, p. 109-120, 2008.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S.; CAMPOS, J.M.S.; PAULINO, M.F.; OLIVEIRA, A.S.; SILVA, P.A. Estimação da digestibilidade do extrato etéreo em ruminantes a partir dos teores dietéticos: desenvolvimento de um modelo para condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1469-1478, 2006a.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T.; PINA, D.S.; PAULINO, M.F.; VALADARES, R.F.D.; CHIZZOTTI, M.L.; MAGALHÃES, K.A. Estimação da digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos em bovinos utilizando-se o conceito de entidade nutricional em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1479-1486, 2006b.

DETMANN, E.; PINA, D.S.; VALADARES FILHO, S.C.; CAMPOS, J.M.S.; PAULINO, M.F.; OLIVEIRA, A.S.; SILVA, P.A.; HENRIQUES, L.T. Estimação da fração digestível da proteína bruta em dietas para bovinos em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 5, p. 2101, 2006c.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T.; PINA, D.S.; PAULINO, M.F.; MAGALHÃES, A.L.R.; FIGUEIREDO, D.M.; PORTO, M.O.; CHIZZOTTI, M.L. Reparametrização do modelo baseado na lei de superfície para predição da fração digestível da fibra em detergente neutro em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 1, p. 155-164, 2007.

DING, L. M.; CHEN, J. Q.; DEGEN, A. A.; QIU, Q.; LIU, P. P.; DONG, Q. M.; SHANG, Z.H.; Growth performance and hormonal status during feed restriction and compensatory growth of Small-Tail Han sheep in China. **Small Ruminant Research**, v. 144, p. 191-196, 2016.

FEITOSA, F. L. F. **Semiologia Veterinária** – A arte do diagnóstico -3 ed, 2004.

FILHO, A. E.; TEODORO, S. M.; CHAVES, M. A.; SANTOS, P. E. F.; SILVA, M. W. R.; MURTA, R. M.; CARVALHO, G. G. P.; SOUZA, L. E. B. Zona de conforto térmico de ovinos da raça Santa Inês com base nas respostas fisiológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.8, p.1807 -1814, 2011.

GESUALDI JÚNIOR, A.; SALES, E. S. V.; FREITAS, R. S.; HENRY, F. C.; OLIVEIRA, V. P. S.; GESUALDI, A. C. L. S. Effects of heat stress on the physiological parameters and productivity of hair sheep in tropical and coastal environments. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, n. 10, p. 556-560, 2014.

GREEFF, J. C.; MEISSNER, H. H.; ROUX, C. Z.; VAN RENSBURG, R. J. The effect of compensatory growth on feed intake, growth rate and efficiency of feed utilization in sheep. **South African Journal of Animal Science**, v. 16, n. 4, p. 155-161, 1986.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. **Introdução a bioquímica clínica veterinária**. 3 ed, Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2017.

GONZÁLEZ, F. **Doze leituras em bioquímica clínica veterinária**. Porto Alegre, Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018.

HALL, M. B.; AKINYODE, A. Cottonseed hulls: working with with a novel fiber source. In: ANNUAL FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 11., Florida. **Anais**. Department of dairy and poultry sciences: University of Florida, Gainesville, v. 11, p. 179-186, 2000.

HAHN, G. L. Management and housing of farm animals in hot environments. In: **Stress physiology in livestock**. vol. II. ed. Yousef, M. K., ed. CRC Press, Boca Raton, 1985.

HERZOG, A. G. M. **Comportamento ingestivo, desempenho e características de carcaça de cordeiros confinados alimentados com dietas contendo quatro níveis de sacarose**. 86f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2018.

HOMEM JUNIOR, A.C.; SILVA SOBRINHO, A.G.; YAMAMOTO, S.M. PINHEIRO, R. S. B.; BUZZULINI, C.; LIMA, C. S. A. Ganho compensatório em cordeiras na fase de recria: desempenho e medidas biométricas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 111-119, 2007.

HORNICK, J. L.; EENAEME, O. G.; DUFRASNE, I.; ISTASSE, L. Mechanisms of reduced and compensatory growth. **Domestic Animals Endocrinology**, v. 19, n. 2, p. 121-132, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção da Pecuária Municipal, Rio de Janeiro, ID84, ISSN01014234, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo agropecuário 2017: resultados preliminares. Rio de Janeiro, ID 3093, ISSN 01036157, 2018.

Disponível em:

<[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro\\_2017\\_resultados\\_preliminares.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro_2017_resultados_preliminares.pdf)> Acesso em: 24/01/2019.

KAMALZADEH, A., VAN BRUCHEM, J., KOOPS, W.J., TAMMINGA, S.; ZWART, D., 1997. Feed quality restriction and compensatory growth in growing sheep: Feed intake, digestion, nitrogen balance and modelling changes in feed efficiency. **Livestock Production Science**, v. 52, n. 3, p. 209-217, 1997.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L.; **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**, p.928, 6ed, 2008.

KELLY D.M., JONES T.H. Testosterone: a metabolic hormone in health and disease. **Journal of Endocrinology**. v. 217, n. 3, p. R 25 – R 45, 2013.

KLEIN, B.G. **Cunningham tratado de fisiologia veterinária**. 5. ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3. ed. – Santa Maria: Ed. da UFSM, 2016.

LAWRENCE, T. L. J.; FOWLER, V. R. **Growth of farm animals**. 2nd Edn., CAB International, Cambridge, 347 p., 2002.

LI, D. B.; LIU, X. G.; ZHANG, C. Z.; KAO, G. L.; HOU, X. Z.; Effects of nutrient restriction followed by realimentation on growth, visceral organ mass, cellularity, and jejunal morphology in lambs. **Livestock Science**, v. 173, p. 24 – 31, 2015.



LOPES, R. B.; CANOZZI, M. E. A.; CANELLAS, L. C.; GONZALES, F. A. L.; CORROEA, R. F.; PEREIRA, P. R. X.; BARCELLOS, J. O. J.; Bioeconomic simulation of compensatory growth in beef cattle production systems. **Livestock Science**, v. 216, p. 165- 173, 2018.

MADUREIRA, M. K.; GOMES, V.; BARCELOS, B.; Parâmetros hematológicos e bioquímicos de ovinos da raça Dorper Hematological and biochemical parameters of Dorper ewes. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 811–816, 2013.

MANNI, K.; RINNE, M.; JOKI-TOLOLA, E.; HUUSKONEN, A. Effects of different restricted feeding strategies on performance of growing and finishing dairy bulls offered grass silage and barley based diets. *Agricultural and Food Science*, v. 26, n. 2, p. 91–101, 2017.

MARI, L.J.; NUSSIO, L.G. O método Penn State Particle Size Separator para a predição do tamanho de partículas de silagens. 2002. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/bn/radarestecnicos>>. Acesso em: 12 abr. 2007.

MUNIZ, L, M, S. **Crescimento de ovinos de diferentes grupos genéticos sob modelos não lineares convencionais e alternativos**. 54f. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB - Campus de Itapetinga, 2012.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. 7.ed. Washinton, D.C.: National Academic Press, 2001, 381p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. Washington, DC, v.468, 2007.

NEIVA, J. N. M.; TEIXEIRA, M.; TURCO, S. H. N.; DE OLIVEIRA, S. M. P.; MOURA, A. A. A. N. Efeito do estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santa Inês mantidos em confinamento na região litorânea do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 668–678, 2004.

NÓBREGA, G. H.; CÉZAR, M. F.; FILHO, J. M. P.; SOUSA, W. H.; SOUSA, O. B.; CUNHA, M. G. G.; SANTOS, J. R. H. Regime alimentar para ganho compensatório de ovinos em confinamento: composição regional e tecidual da carcaça. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n.2, p. 469-476, 2013.

NÓBREGA, G. H.; CÉZAR, M. F.; SOUSA, O. B.; Regime alimentar para ganho compensatório de ovinos em confinamento: Desempenho produtivo e morfometria do rúmen e do intestino delgado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia**, v. 66, n. 5, p. 1522–1530, 2014.

O'Donovan, P. B. Compensatory gain in cattle and sheep. **Nutrition Abstract and Review (Series B)**. p. 389-410, 1984.

OLIVEIRA, R. V.; XIMENES, F. H. B.; MENDES, C. Q.; FIGUEIREDO, R. R.; PASSOS, F.; **Manual de criação de Caprinos e Ovinos**. Brasília: Codevasf, 2011.

OLIVEIRA, F. S.; FERNANDES NETO, V.P.; SILVA, M. N. N.; CARDOSO, F. S.; COSTA, A. P. R. Efeito do estresse térmico sobre os parâmetros fisiológicos e bioquímicos de ovinos criados em clima tropical. **PUBVET**, v.6, art.1359, 2012.

PARENTE, H. N.; PARENTE, M. O. M.; GOMES, R. M. S.; SODRÉ, W. J. S.; MOREIRA FILHO, M. A.; RODRIGUES, R. C.; SANTOS, U. L. F.; ARAÚJO, J. S.; Increasing levels of concentrate digestibility, performance and ingestive behavior in lambs. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.17, n.2, p.186-194, 2016.

PEREIRA, E. M.; SANTOS, F. A. P.; NUSSIO, L. G.; PEDROSO, A. M.; COSTA, D. F. A.; IMAIZUMI, H.; BITTAR, C. M. M. Estimativa de energia metabolizável de rações com polpa cítrica em substituição ao milho para tourinhos em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 1, p. 216-224, 2007.

PEREIRA, E. S.; CAMPOS, A. C. N.; CASTELO-BRANCO, K. F.; BEZERRA, L. R.; GADELHA, C. R. F.; SILVA, L. P.; PEREIRA, M. W. F.; OLIVEIRA, R. C. Impact of feed restriction, sexual class and age on the growth, blood metabolites and endocrine responses of hair lambs in a tropical climate. **Small Ruminant Research**, v. 158, p. 9–14, 2018.

Peso Promedio de Haciendas Bovinas – Ovinas kgs. Em pie. Em 4ta. Balanza – Rendimiento. Disponível em: <<http://www.inac.uy/innovaportal/file/1222/1/peso-promedio-bov-ovi.pdf>>. Acesso em 18/09/2018.

RESENDE, K. T.; SILVA, H. G. O.; LIMA, L. D.; TEIXEIRA, I. A. M. A. Avaliação das exigências nutricionais de pequenos ruminantes pelos sistemas de alimentação recentemente publicados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 161-177, 2008.

RODRÍGUEZ, M.; BELLO, J. M.; GONZÁLEZ, J. M.; FERNANDEZ, N.; Housing: A major success factor in feedlot lambs. **Small Ruminant Research**, v. 142, p. 72-77, 2016.

SALAH. N.; SAUVANT, D.; ARCHIMÈDE, H. Nutritional requirements of sheep, goats and cattle in warm climate: a meta – analysis. **Animal**, Paris, v. 8 n. 9, p. 1439 – 1447, 2014.

SAMI, A.; AL – SELBOOD, B.; ABOUHEIF, M. Impact of short compensatory growth periods on performance, carcass traits, fat deposition, and meat properties of Najdi lambs. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v. 40, n.6, p. 744-749, 2016.

SANTANA, C. J. L.; AIURA, A. L. O.; SANTOS, H. P.; GONÇALVES, G. A. M.; AIURA, F. S. Biophysical responses of Santa Inês and crossbred Santa Inês-Dorper (F1) ewes to a hot environment. **Journal of Animal Behavior Biometeorology**, v. 5, n.1, p. 1–6, 2017.

SCANLON, T. T.; ALMEIDA, A. M.; BURGEL, A. V.; KILMINSTER, T.; MILTON, J.; GREEFF, J. C.; OLDHAM, C. Live weight parameters and feed intake in Dorper, Damara and Australian Merino lambs exposed to restricted feeding. **Small Ruminant Research**, v. 109, p. 101-106, 2013.

SHKOLNIK, A.; CHOSHNIK, I. **Adaptation to life in the desert: The special physiology and histology of the black Bedouin goat Shkolnik I**, 2006.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v.67, n. 1-2, p. 1-18, 2000.

SILVA, R. G.; LASCALA, N.; LIMA FILHO, A.; CATHARIN, M. Respiratory heat loss in the sheep: a comprehensive model. **International Journal of Biometeorology**, v. 46, n. 3, p. 136-140, 2002.

SMITH, B. P.; **Large Animal Internal Medicine**, 4. ed., 1872 p., 2009.

SURYANARAYANA, M. V. A. N.; PRASAD, S. Impact of feed Restriction and Compensatory Growth in Sheep. **International Journal of Food, Agriculture and Veterinary Science**, v 4, p. 28-32, 2014.

THOM, E.C. The discomfort index weatherwise.60:12-57. 1959.

THOMSON, E.F.; BICKEL, H.; SCHURCH, A., Growth performance and metabolic changes in lambs and steers after mild nutritional restriction. **The Journal of Agricultural Science**, v. 98, n. 1, p. 183-194, 1982.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science, Madison**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell Univ. Press, 476 p., 1994.

VIVIAN, D. R.; NETO, A. F. G.; FREITAS, J. A.; FERNANDES, S. R.; ROSANSKI, S. Performance and serum chemistry profile of lambs fed on rations with increasing levels of urea. **Semina Ciências Agrárias, Londrina**, v. 38, n. 2, p. 919-930, 2017.

WILSON, P.N.; OSBOURN, D.F. Compensatory growth after undernutrition in mammals and birds. **Biological reviews**, v. 35, n. 3, p. 324-361, 1960.

WOJTAS, K.; CWYNAR, P.; KOLACZ, R.; Effect of thermal stress on physiological and blood parameters in merino sheep. **Bulletin on the Veterinary in Pulawy**, v. 58, p. 283-288, 2014.

XU, G. S.; MA, T.; JI, S. K.; DENG, K. D.; TU, Y.; JIANG, C. G.; DIAO, Q. Y. Energy requirements for maintenance and growth of early-weaned Dorper crossbred male lambs. **Livestock Science**, v. 177; p. 71–78, 2015.

YANG, J.; HOU, X.; GAO, A.; WANG, H.; Effect of dietary energy and protein restriction followed by realimentation on pituitary mRNA expression of growth hormone and related genes in lambs. **Small Ruminant Research**, v. 119, n. 1-3, p. 39-44, 2014.

YANG, J.; LU, X.; HOU, X.; WANG, H.; SHI, C.; WANG, G.; WU, S.; GAO, A.; Feed restriction alters lipogenic and adipokine gene expression in visceral and subcutaneous fat depots in lamb. **Livestock Science**, v. 188, p. 48-55, 2016.